

Ergebnisse der Spectral-analyse in Anwendung auf die ...

William Huggins

ERGEBNISSE

DER

SPECTRAL-ANALYSE

IN ANWENDUNG AUF DIE

HIMMELSKÖRPER.

VON

WILLIAM HUGGINS.

UEBERSETZT UND MIT ZUSÄTZEN VERMEHRT

VON

W. KLINKERFUES.



MIT 20 ABBILDUNGEN.

DRITTE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

LEIPZIG
VERLAG VON QUANDT & HÄNDEL.
1873.

VORWORT.

Aus einem von Huggins 1866 auf der Naturforscher-Versammlung zu Nottingham gehaltenen Vortrage, welcher seine höchst interessanten Untersuchungen der Spectra der Himmelskörper zum Gegenstande hatte, ist eine kleine Schrift entstanden, die ich versucht habe, durch eine mit Zusätzen versehene Uebersetzung dem deutschen Publikum näher zu bringen.

Die erste 1868 erschienene Auflage dieses Büchleins wurde so schnell vergriffen, dass die zweite nur aus einem blossen Wiederabdruck bestehen konnte. Bei der jetzt nöthig gewordenen dritten Auflage war ich im Stande, manchen Mängeln der früheren Ausgaben abzuhelfen, in den Zusätzen von meiner Hand wegzulassen, was ich als zweckwidrig erkannte, andererseits aber auch die seitdem gemachten Fortschritte zu berücksichtigen. Ein so jugendlich treibender Zweig der Wissenschaft, wie die Spectral-Analyse, verändert natürlich in kurzer Zeit sein Aussehen sehr merklich. Vor allen anderen sind es die Beobachtungen an der

Sonne, welche seit dem ersten Erscheinen dieses Werks sehr gefördert worden sind; daher war denn diesen ein besonderer Zusatz zu widmen. Diesem musste aber wiederum eine gemeinfassliche Erklärung des Fundamental-Satzes von der Emission und Absorption vorausgeschickt werden, um alle Schlüsse verständlich zu machen. Auch bei den Fixsternen ist durch das erste Gelingen von Bestimmungen der Geschwindigkeit ein Fortschritt von unabsehbarer Tragweite für Fixstern-Astronomie gemacht worden; es sind die gewonnenen Resultate deshalb nicht ganz unberücksichtigt geblieben.

Dem schon gewaltig angewachsenen Material gegenüber kann ein Buch dieser Art nicht Vollständigkeit erreichen wollen; es muss eine Auswahl nach einem sich empfehlenden Grundsatze getroffen werden. Dem Leser dürfte an einem Nebeneinanderlagern von manchem noch nicht in Zusammenhang zu bringenden Material nicht viel gelegen sein; bevorzugt wurden deshalb diejenigen Thatsachen, welche die Fachgelehrten zu bestimmten Ansichten hingeleitet haben oder die sich doch wenigstens in Zusammenhang bringen lassen. Es ist zu hoffen, dass der dem Büchlein bisher so geneigte Leser diesem Verfahren zustimmen und seinen Beifall nicht zurückziehen wird.

Göttingen, im August 1873.

W. Klinkerfues.

VERLAG VON QUANDT & HÄNDEL IN LEIPZIG.

DIE SONNE.

ZWEI

PHYSIKALISCHE VORTRÄGE GEHALTEN IN DER RHEINISCHEN NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU MAINZ. NEBST EINER NEUEN SONNENFLECKEN-THEORIE.

VON

DR. PAUL REIS.

INHALT.

Mit Titelbild. — Preis 15 Ngr.

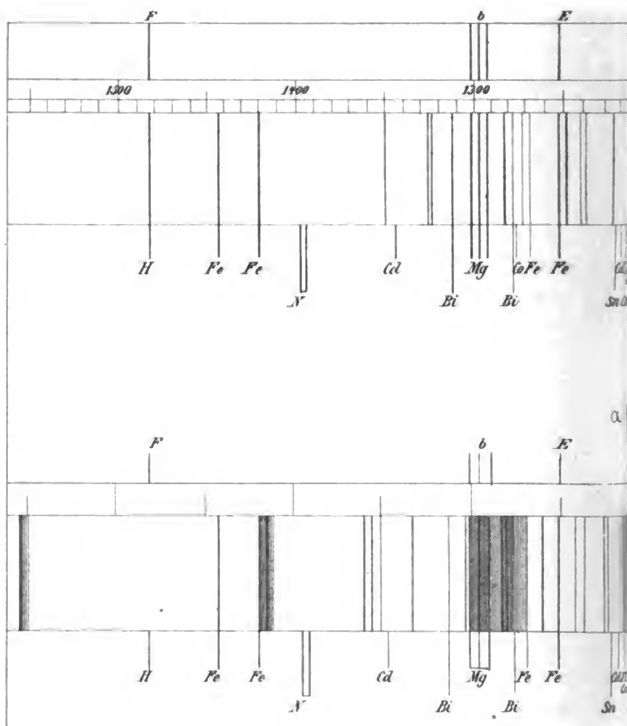
DIE ABERRATION DER FIXSTERNE NACH DER WELLENTHEORIE

VON

DR. W. KLINKERFUES,
PROFESSOR UND DIRECTOR DER KÖNIGL. STERNWARTE ZU GÖTTINGEN.

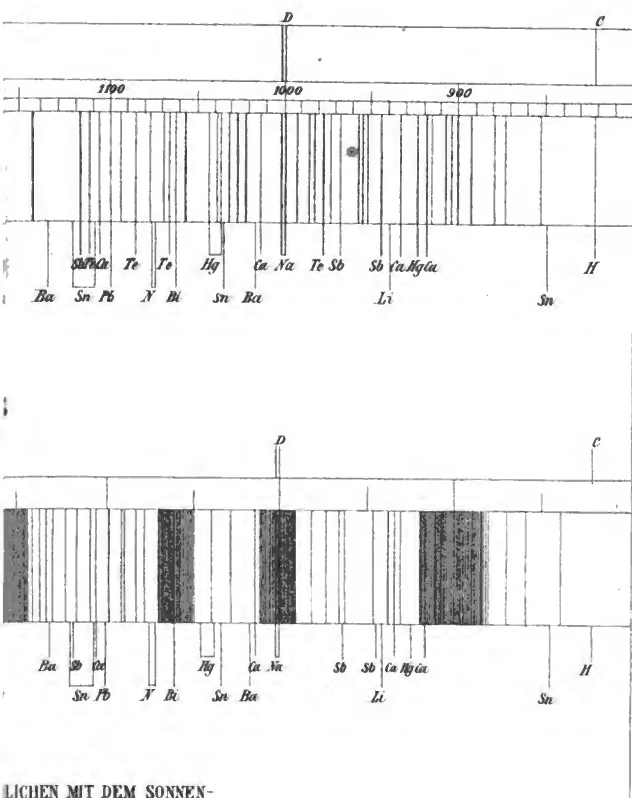
INHALT.

gr. 8. VI u. 62 S. Preis 15 Ngr.



SPECTREN VON ALDEBARAN UND α OR
SPECTRUM UND DEN SPECTR

AN.



LICHEN MIT DEM SONNEN-
MISCHEN ELEMENTE

INHALT.

Anmerkung.

Die Abbildungen in dieser Schrift sind so gestellt, dass das rothe Ende des Spectrums zur Rechten des Lesers ist.

SPECTRAL-ANALYSE

DER

HIMMELSKÖRPER.

Eine wichtige Erfindung oder Entdeckung bleibt selten oder nie unfruchtbar und vereinzelt; sie gibt andern Entdeckungen Entstehung. Fernrohr und Microscop haben zu wichtigen Entdeckungen in der Astronomie und in der feinern Anatomie und Physiologie geführt, welche ohne diese Instrumente nicht möglich gewesen wären. Die Beobachtung, dass ein in seiner Bewegung freier Magnet sich nahe nach Norden oder Süden richtet, hat nicht nur unermesslich viel zur Ausbreitung des Verkehrs und der geographischen Entdeckungen beigetragen, sondern hat auch die wichtige Wissenschaft des Erdmagnetismus gegründet.

Hier soll von einigen Vermehrungen unserer Kenntnisse auf astronomischem Gebiete die Rede sein, welche die Folge einer vergleichsweise noch neuen Entdeckung gewesen sind. Die Untersuchungen Kirchhoff's haben den Astronomen eine Methode der Analyse in die Hand gegeben, welche für die Erforschung der Himmelskörper ganz besonders geeignet ist. Die Resultate der Anwendung der Spectral-Analyse auf die Objecte des Himmels waren so unerwartet und wichtig, dass man von dieser Beobachtungs-Methode wohl sagen

kann, es sei durch sie ein neuer Zweig der astronomischen Wissenschaft geschaffen worden.

Die physische Astronomie, das unvergängliche und stets wachsende Denkmal Newton's kann als die Ausdehnung der irdischen Dynamik auf den Himmel bezeichnet werden. Sie sucht die Bewegungen der Himmelskörper aus der Annahme einer allgemeinen Anziehungskraft, ähnlich derjenigen, welche auf der Erde vorhanden ist, zu erklären.

Der neue Zweig der Astronomie, welchen die Spectral-Analyse gegründet zu haben beanspruchen kann, hat die Ausdehnung der Gesetze der irdischen Physik auf die andern Erscheinungen an den Himmelskörpern zum Gegenstande, und es folgt aus den nun ermittelten Thatsachen, dass Materie von derselben Natur, wie die auf der Erde, und ähnlichen Gesetzen unterworfen, wie die auf der Erde geltenden, durch den ganzen Sternenhimmel verbreitet ist.

Die ausnehmende Wichtigkeit der Kirchhoff-schen Entdeckung für die Astronomie wird offenbar, wenn wir die Lage betrachten, in welcher wir in Beziehung auf die Himmelskörper waren. Die Schwerkraft und die Bedingungen unserer Existenz erlauben uns nicht, die Erde zu verlassen, wir können deshalb nur durch das Licht eine Kenntniss von der grossen Reihe von Welten erlangen, von welcher wir im kosmischen Raume umgeben sind. Der Sternenhimmel ist also die einzige Karte vom Universum, welche wir besitzen, und in dieser leuchtenden Karte ist jeder funkelnde Punkt das Zeichen einer ungeheuer grossen, jedoch entfernten Region der Thätigkeit.

Bisher hat das Licht der Himmelskörper, auch wenn es mit den stärksten Telescopen aufgefangen wurde, uns nur geringe Aufschlüsse gegeben, und nur in einigen Fällen etwas über ihre Gestalt, Beschaffenheit und Farbe gelehrt. Kirchhoff's Entdeckung setzt uns in den Stand, Symbole und Anzeichen zu erklären, welche in dem Lichte selbst verborgen sind und einen treuen Bericht von der chemischen und auch in mancher Beziehung von der physischen Beschaffenheit der ausserordentlich entfernten Körper zu geben, welche das Licht aussenden.

Wir verdanken Newton die Kenntniss, dass die schönen Farben des Regenbogens die gemeinschaftlichen und nothwendigen Bestandtheile des gewöhnlichen Lichtes sind. Er fand, dass, wenn weisses Licht durch ein Glas-Prisma geleitet wird, dasselbe in die schön glänzenden Farben, welche wir im Regenbogen sehen, zerlegt wird. Die auf solche Weise von einander getrennten Farben sind das Spectrum des Lichtes. Es möge eine weisse Platte den Querschnitt eines auf uns gerichteten Strahls weissen Lichtes vorstellen. Wir wollen dann ein Prisma auf seinem Wege einschalten. Der Strahl weissen Lichtes ist als Ganzes nicht zur Seite gedreht worden, aber die Farben, welche denselben zusammensetzen, sind verschieden abgelenkt, jede in einem bestimmten Verhältniss zu der Schnelligkeit ihrer Schwingungen. Ein naheliegender Schluss wird der sein, dass beim Heraustreten aus dem Prisma die das weisse Licht bildenden farbigen Strahlen sich von einander trennen, und dass wir an der Stelle des weissen Lichtes, welches in das Prisma eintrat, das Spectrum

haben, d. h. die Farben, welche dasselbe zusammensetzen, in dem Zustande der Scheidung von einander.

Wollaston und Fraunhofer entdeckten, dass, wenn das Sonnenlicht durch ein Prisma zerlegt wird, die Farben des Regenbogens, welche das Spectrum bilden, nicht continuirlich auf einander folgen, sondern vielmehr durch eine beträchtliche Anzahl dunkler Linien unterbrochen werden. Diese dunklen Linien sind die Symbole, welche die chemische Zusammensetzung der Sonne anzeigen.

In neuerer Zeit, im Jahre 1859, hat uns Kirchhoff über die wahre Natur dieser Linien aufgeklärt. Er hat selbst von seiner Methode zur Erklärung der dunklen Streifen im Sonnen-Spectrum unmittelbare Anwendung gemacht und ist durch die Entdeckung der grossen Thatsache belohnt worden, dass mehrere der auf der Erde vorkommenden chemischen Elemente in der Sonnen-Atmosphäre vertreten sind [1].

In beabsichtige hier die Resultate auseinander zu setzen, welche diese Art der Analyse bei der Anwendung auf andere Himmelskörper als die Sonne ergeben hat. Diese Untersuchungen sind in meinem Observatorium seit vier Jahren ausgeführt worden. Für einen grossen Theil dieser Forschungen, diejenigen nämlich, welche den Mond, die Planeten und die Fixsterne betreffen, hatte ich das grosse Glück, einen ausgezeichneten Chemiker und Physiker, den Doctor W. Allen

---

[1] Die Elemente, welche in der Sonnen-Atmosphäre vorzukommen scheinen, sind: Wasserstoff, Natrium, Magnesium, Eisen, Calcium, Nickel, Chrom, Kupfer, Zink, Barium und wahrscheinlich auch Strontium, Kobalt und Cadmium.

Miller, zum Mitarbeiter zu haben. Bevor ich die Resultate unserer Beobachtungen anführe, werde ich in wenigen Worten die Grundsätze der Spectral-Analyse, welche die Basis der Erklärung der von uns beobachteten Erscheinungen abgeben, und ebenso die von uns befolgte Beobachtungs-Methode erläutern.

Spectra der verschiedenen Ordnungen.

Wenn das von verschiedenen Lichtquellen ausgestrahlte Licht durch das Prisma zerlegt wird, so können sich die erhaltenen Spectra von einander in verschiedenen wichtigen Beziehungen unterscheiden, aber alle möglichen Spectra lassen sich doch zweckmässig in drei Ordnungen theilen.

1. Der eigenthümliche Character des Spectrums der ersten Ordnung besteht darin, dass der Zusammenhang seiner farbigen Streifen nirgends durch eine dunkle oder glänzende Linie unterbrochen wird. Wir werfen ein Spectrum dieser Art auf einen Schirm, mit Hülfe der electrischen Lampe. Es lehrt uns, dass das Licht, welches ihm Entstehung gibt, von einem undurchsichtigen Körper ausgestrahlt ist, und es ist beinahe gewiss, dass ein solcher Körper in festem oder flüssigem Zustande sich befindet [1]. Ein solches Spectrum enthüllt uns nicht die chemische Natur des glühenden

[1] Dämpfe und Gase scheinen ein Absorptions-Vermögen für das Licht überhaupt, ausserdem aber noch eine besondere Absorption, welche sich durch das Hervorbringen von dunklen Linien in dem Spectrum zu erkennen gibt, zu besitzen. Der allgemeinen Absorption der Gas-Atmosphäre um die Sonne muss wahrscheinlich die Verminderung des Glanzes gegen den Rand der Scheibe hin zugeschrieben werden.

Körpers, von welchem das Licht ausgegangen ist. In dem gegenwärtigen Falle ist dies Licht von den zum Weissglühen erhitzten Kohlenspitzen der electrischen Lampe ausgestrahlt. Ein in allen Punkten ähnliches Spectrum würde Eisen, oder Kalk, oder Magnesium in glühendem Zustande liefern.

2. Die Spectren der zweiten Ordnung sind davon sehr verschieden: sie werden durch Linien gefärbten Lichtes gebildet, welche von einander getrennt sind. Aus der Untersuchung eines solchen Spectrums können wir viel lernen. Es zeigt uns, dass die glänzende Materie, welche das Licht aussendet, in gasförmigem Zustande ist. Denn nur, wenn der leuchtende Körper in seinen Molecülen von dem Hemmniss des Festseins oder Flüssigseins frei ist, kann er das besondere Verhalten zeigen, welches er besitzt, nämlich nur farbige Licht-Linien in endlicher Anzahl auszustrahlen. Daraus folgt, dass die in den gasförmigen Zustand übergeführten Substanzen von einander durch ihr Spectrum unterschieden werden können. Jedes Element sowohl, wie jeder zusammengesetzte Körper, welcher ohne Zersetzung leuchtend geworden ist, zeichnet sich im gasförmigen Zustande durch eine Gruppe von Linien aus, welche ihm eigenthümlich sind. Die grünen Linien, welche wir im Spectrum beobachten, werden durch das gasförmige Silber, und stets nur durch gasförmiges Silber, hervorgebracht. Es leuchtet ein, dass, wenn wir die für die verschiedenen irdischen Stoffe characteristischen Gruppen von Linien kennten, die Vergleichung ihrer Spectral-Linien mit dem Spectrum einer unbekannten Lichtquelle uns zeigen würde,

ob eine der irdischen Substanzen in der Lichtquelle vorkommt.

3. Die dritte Ordnung begreift die Spectren der festen oder flüssigen glühenden Körper, in welchen die Stetigkeit der farbigen Bänder durch dunkle Streifen unterbrochen ist. Diese dunklen Streifen werden durch die Lichtquelle hervorgebracht; sie zeigen uns an, dass Dämpfe vorhanden sind, durch welche das Licht seinen Weg nehmen muss, und welche dasselbe durch Absorption gewisser Farben von bestimmter Schwingungsdauer berauben; solche Spectren liefert uns das Licht der Sonne und der Sterne.

Kirchhoff hat nun gezeigt, dass, wenn die Dämpfe irdischer Substanzen sich zwischen dem Auge und dem glühenden Körper befinden, dieselben Gruppen von dunklen Linien hervorbringen; ferner, dass die Gruppe dunkler Linien, welche durch jeden der Dämpfe hervorgebracht wird, sowohl in Beziehung auf ihre Anzahl, als ihre Lage im Spectrum mit der Gruppe heller Streifen, aus denen sich das Licht zusammensetzt, wenn der Dampf leuchtend geworden ist, identisch ist.

Werfen wir auf einen Schirm das Spectrum von glühenden Kohlenspitzen, welche Natrium enthalten, so sehen wir zugleich mit dem continuirlichen Spectrum der glühenden Kohle, einen glänzenden gelben Streifen, welcher für das Natrium characteristisch ist. Wir bringen jetzt ein Stück metallisches Natrium in die Lampe. Das Natrium wird durch die Wärme verflüchtigt und erfüllt die Lampe mit seinem Dampfe. Der Dampf absorbirt und erstickt dasselbe Licht, welches er aussendet, wenn er leuchtend ist. Man sieht so

eine schwarze Linie genau an der Stelle zum Vorschein kommen, wo früher die glänzende gelbe Linie war.

Es ist offenbar, dass Kirchhoff uns mit dieser Entdeckung das Hilfsmittel geliefert hat, die dunklen Streifen des Sonnen-Spectrums zu erklären. Dazu ist es nöthig, die glänzenden Linien der Spectren des Lichtes irdischer in Gasform gebrachter Substanzen mit den dunklen Linien des Sonnen-Spectrums zu vergleichen. Wenn eine Gruppe glänzender Linien mit einer ähnlichen Gruppe dunkler Linien zusammenfällt, so erkennen wir, dass die irdische Substanz, welche diese Gruppe glänzender Linien hervorbringt, in der Sonnen-Atmosphäre vertreten ist. Denn es ist nur diese Substanz, und keine andere, welche durch ihr Absorptions-Vermögen die besondere Gruppe dunkler Linien hervorbringt. Auf solche Art hat Kirchhoff die Anwesenheit mehrerer irdischer Elemente in der Sonnen-Atmosphäre entdeckt.

Beobachtungs-Methoden.

Ich gehe jetzt zu den besondern Beobachtungs-Methoden über, mit deren Hilfe wir bei unsern Untersuchungen die Grundsätze der Spectral-Analyse auf die Himmelskörper angewendet haben. Ich will gleich anführen, dass verschiedene Umstände sich vereinigen, diese Beobachtungen sehr schwierig und anstrengend zu machen. In unsern Klimaten gibt es nur sehr wenige Nächte, selbst unter solchen, in welchen die Sterne dem blossen Auge sehr glänzend erscheinen, in denen die Luft zur Anstellung so feiner Beobachtungen hin-

reichend ruhig ist. Ausserdem ist das Licht der Sterne nur schwach. Diese Schwierigkeit wird bis zu einem gewissen Grade durch die Anwendung eines grossen Fernrohrs überwunden. Das Sternlicht wird durch ein Objectiv-Glas von 8 Zoll Oeffnung gesammelt und in dem Focus zu einem scharf begrenzten und hellen Punkte concentrirt.

Eine andere Unbequemlichkeit entspringt aus der von der Rotation der Erde, welche den Astronomen und seine Instrumente mit sich führt, herrührenden scheinbaren Bewegung des Sterns. Man hebt dieses Fortrücken durch ein das Fernrohr in entgegengesetztem Sinne bewegendes Uhrwerk auf. Indessen ist es doch in der Praxis nicht leicht, das Bild des Sterns längere Zeit hindurch innerhalb der Grenzen eines Striches von $^1/_{300}$ Zoll Breite zu halten. Mit Hilfe ausdauernder Geduld hat man indessen alle diese Schwierigkeiten überwunden und ist zu befriedigenden Resultaten gelangt. Wir betrachteten die Zuverlässigkeit unserer Beobachtungen als vorzugsweise bedingt durch directe und gleichzeitige Vergleichung irdischer Spectren mit denen von Himmelskörpern. Zu dem Zwecke haben wir den in der Zeichnung dargestellten Apparat construirt.

Das durch Figur 1 in einem Verticalschnitt, durch Figur 1[a] in einem horizontalen Schnitte dargestellte Instrument [1] wird durch den äussern Tubus am Ocular-Ende des Fernrohrs befestigt und wird mit demselben

---

[1] Die Erklärung der Buchstaben in diesen beiden Figuren befindet sich am Schlusse der Schrift.

durch das Uhrwerk in Bewegung gesetzt. Ein zweites Fernrohr mit cylindrischer Linse gleitet in dem äussern Tubus. Diese Linse hat den Zweck, das runde punktartige Bild des Sterns in eine kurze Licht-Linie auszudehnen, welche man genau zwischen die Grenzen oder Backen eines beinahe geschlossenen Spalts fallen lässt. Die cylindrische Linse des zweiten Fernrohrs ist planconvex und hatte bei uns ungefähr 1 Zoll Oeffnung und 14 Zoll Focal-Distanz. Die Richtung der Axe der Cylinderfläche ist zu der des Spaltes rechtwinklig. Der Abstand der Linse vom Spalt in dem convergirenden Strahlenbündel des Objectives ist der nöthigen Breite des Spectrums entsprechend gewählt.

Hinter dem Spalt, in einer der Brennweite gleichen Entfernung, befindet sich eine achromatische Convex-Linse, die sogenannte Collimator-Linse, welche das von dem Spalt kommende Lichtbündel parallel macht. Das Strahlenbündel durchläuft nachher zwei Prismen von schwerem Flintglas. Das aus der Zerlegung dieses Lichtes durch die Prismen entstehende Spectrum wird mit einem kleinen achromatischen Fernrohr betrachtet. Letzteres ist mit einer Mikrometer-Schraube versehen, die Ablenkungen der Linien des Spectrums zu messen.

Das Objectiv dieses kleinen astronomischen Fernrohrs hat 0,8 Zoll Oeffnung und 6,75 Zoll Focal-Distanz. Das gewöhnlich angewendete Ocular gab eine Vergrösserung von 5,7.

Die Mikrometer-Schraube hat 50 Theile auf 1 Zoll Länge und gibt auf der Trommel Hundertel einer Umdrehung, wodurch eine Scale von 1800 Theilen in dem

Intervall der Linien A und H im Sonnen-Spectrum entsteht.

Die hier als Collimator dienende Linse ist achromatisch; ihre Oeffnung betrug bei uns 0,5 Zoll, die Focal-Distanz 4,7 Zoll. Die Verhältnisse sind so gewählt, dass die Linse alles Licht auffängt, welches von dem linearen Bilde des Sternes divergirt, wenn dasselbe genau zwischen die beiden Ränder des Spaltes gebracht worden ist.

Die obenerwähnten Prismen von schwerem Flintglas haben in unserem Apparate jedes einen brechenden Winkel von 60°. Da die Beobachtungen vorzugsweise in der mittleren und hellsten Region des Spectrums angestellt werden, so sind die Prismen für das Minimum der Ablenkung der Linie D justirt.

Für die Beobachtungen von Nebelflecken und sehr schwacher Objecte haben wir einen ähnlichen Apparat, aber von geringerem Zerstreuungs-Vermögen, gebraucht. Ein Prisma mit einem brechenden Winkel von 60° eignet sich sehr gut für diese sehr schwierigen Objecte.

Solche Objecte, welche im Fernrohre merkliche Dimensionen haben, wie der Mond, die Planeten und die Nebelflecke, sind ohne die cylindrische Linse beobachtet worden.

Gelegentlich hat man sich eines in seinem Bau im Allgemeinen ähnlichen Apparates bedient, bei welchem nur das Prisma so zusammengesetzt ist, dass die Beobachtung des Spectrums im directen Visionsradius des Gestirns gemacht wird. Ein solcher Apparat hat sich weniger bewährt; denn es ist eine grosse Erleich-

terung für den Beobachter, bei hohem Stande des Gestirnes doch nicht nach oben sehen zu müssen, wie es bei dem Prisma für directes Sehen erforderlich ist.

Das Licht irdischer Substanzen, welche mit den Stern-Spectren verglichen werden sollen, wird in das Instrument auf die folgende Art eingeführt:

Ueber der einen Hälfte des Spaltes befestigt man ein kleines Prisma, welches das von einem beweglichen Spiegel am Fernrohre reflectirte Licht auffängt; der Spiegel steht einem Ansatz von gehärtetem Kautschuk gegenüber, welcher eine zum Fassen der anzuwendenden Metallstücke bestimmte Klemme hat. Diese Metalle werden im gas- oder dampfförmigen Zustande leuchtend gemacht durch die intensive Hitze, welche der Funken einer grossen Inductions-Rolle erzeugt. Das Licht des Funkens, welches durch den Spiegel und das kleine Prisma in das Instrument fällt, geht durch die Flintglas-Prismen, wie gleichzeitig das Sternlicht. In dem kleinen Fernrohre sieht man zwei Spectra so übereinander, dass man das Zusammenfallen oder die relative Lage der glänzenden Linien des Spectrums des Funkens und der dunklen Linien des Stern-Spectrums genau bestimmen kann.

Hat man nicht Vergleichungen der Linien des Stern-Spectrums mit denen chemischer Elemente zu machen, so kann man einen einfacheren Apparat in Anwendung bringen. Ausserdem kann man, wenn nicht Körper zu beobachten sind, die im Fernrohre merkliche Scheiben haben, wie der Mond, die Planeten, Nebelflecke und Cometen, sich auf das zur Hervorbringung des Stern-Spectrums nothwendige Prisma

beschränken, also den Spalt und die Collimator-Linse weglassen [1].

Um alsdann das Spectrum eines Sternes zu sehen, hat man nur das Prisma hinter das gewöhnliche Huyghens'sche Ocular zu bringen und dem Spectrum einige Breite zu geben, indem man das Bild ein wenig ausserhalb des Focus lässt. In diesem Falle ist ein kleines für directes Sehen eingerichtetes Prisma sehr zweckmässig. Das beste Mittel, dem Spectrum die erforderliche Breite zu geben, ist indessen doch das von Fraunhofer eingeführte, die Zuziehung einer cylindrischen Linse. Man kann dieselbe zwischen das Prisma und das Ocular, oder auch zwischen Ocular und Auge stellen. Ich habe bei verschiedenen Gelegenheiten diese anderen Einrichtungen und auch noch andere Arten der Anbringung des Prisma im Fernrohre versucht. Das vollständigste und wirksamste der Stern-Spectroscope ist das in den Fig. 1 und 1ª dargestellte.

Mond und Planeten.

Ich gehe nun zu den Resultaten der Beobachtungen über; in Beziehung auf den Mond und die Planeten werde ich mich kurz fassen. Diese Gestirne haben im Gegensatze zu den Fixsternen und den Nebelflecken kein eigenes Licht. Da sie mit reflectirtem Sonnenlichte leuchten, so müssen ihre Spectra dem Sonnen-Spectrum ähnlich sein, und die einzigen Anzeigen dieser

---

[1] Das Weglassen der Collimator-Linse ist nicht rathsam, wo ein scharfes Spectrum verlangt wird. Anmkg. d. Uebersetzers.

Spectra, welche für uns eine Quelle von Kenntnissen werden können, beschränken sich auf einige Veränderungen, welche das Sonnenlicht entweder bei seinem Durchgange durch die Atmosphären der Planeten, oder bei der Reflexion auf ihrer Oberfläche erleiden kann.

Der Mond. — In Beziehung auf den Mond haben unsere Beobachtungen durchaus negative Resultate geliefert. Die Spectren der verschiedenen Theile der Oberfläche haben bei der Prüfung unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen keine Spur einer Mond-Atmosphäre verrathen [1]. Ich habe ausserdem das Spectrum eines Fixsternes in dem Augenblicke untersucht, in welchem der dunkle Rand des Mondes sich ihm näherte, um ihn schliesslich zu bedecken, habe aber hierbei ebenfalls kein Anzeichen einer Mond-Atmosphäre wahrnehmen können.

Wäre eine solche vorhanden, welche durch die Stoffe, aus denen sie besteht, oder durch die Dämpfe, die sie aufgelöst enthält, bestimmte Theile von dem Lichte des Sternes absorbiren könnte, so würde sich diese Absorption durch das Erscheinen neuer dunkler Linien im Spectrum, unmittelbar vor seinem Verschwinden hinter dem Mond-Rande verrathen. Wenn um den

---

[1] Man hat nur gewisse sehr kleine Theile der Mond-Oberfläche auf ihr Spectrum untersucht. Die Oeffnung des Spalts im Apparat zur Isolirung eines Spectrums, welches man beobachten will, beträgt ungefähr $1/_{300}$ Zoll; das vom Objectiv des Fernrohres gelieferte Bild des Mondes hat einen Durchmesser von 1,1 Zoll. In der Praxis findet man, dass eine Mondfläche, dreimal so klein, als die des Tycho, im Instrument untersucht werden kann. Die Lichtmenge von verschiedenen Theilen des Mondes wurde sehr verschieden gefunden, aber es konnte nicht die geringste Aenderung in den Linien des Spectrums wahrgenommen werden, weder in Beziehung auf die relative Intensität, noch auch das Hinzukommen oder Verschwinden von Linien.

Mond herum Materie von wasserstoffhaltiger oder auch anderer Natur fein vertheilt vorhanden wäre, so würden die rothen Strahlen des Sonnenlichtes etwas weniger abgeschwächt sein, als die Strahlen von grösserer Brechbarkeit.

Wäre um den Mond herum eine Atmosphäre frei von jedem Dampf und ohne Absorptions-Vermögen, aber von einer gewissen Dichtigkeit, so würde das Spectrum nicht in demselben Momente in seiner ganzen Länge verschwinden, sondern die violetten und die blauen Strahlen würden noch kurze Zeit nach dem Verschwinden der rothen Strahlen zu bemerken sein. Die mit grösster Aufmerksamkeit angestellte Beobachtung des Verschwindens des Spectrums des Sterns ε *Piscium* vom 4. Januar 1865, eben zu dem Zwecke angestellt, um auf alle diese verschiedenen Erscheinungen zu achten, hat keine Spur einer Mond-Atmosphäre zu erkennen gegeben.

Jupiter. — In dem Spectrum des Jupiter bemerkt man Linien, welche die Anwesenheit einer absorbirenden Atmosphäre um diesen Planeten anzeigen. Ein dunkles Band entspricht einigen Linien der Erd-Atmosphäre, und kündigt wahrscheinlich die Anwesenheit von Dämpfen an, welche denen der Erd-Atmosphäre ähnlich sind [1]. Ein anderes Band hat unter

---

[1] Eine günstige Gelegenheit, die Wirkung des Durchganges des Sonnenlichtes durch eine dicke Schicht der Erd-Atmosphäre, auf das Sonnen-Spectrum, zu beobachten, bot sich durch eine Mond-Finsterniss dar. Die geringe Höhe des Mondes bei der Verfinsterung vom 1. Juni 1865 erlaubte mir nicht, das kupferroth-aschfarbene Licht, welches von seiner Oberfläche reflectirt wurde, zu beobachten. Aber das während der partiellen Mond-Finsterniss vom 4. October 1865 zurückgeworfene

den Absorptions-Linien unserer Atmosphäre keine entsprechende, und verräth uns die Anwesenheit von einem Gas oder einem Dampfe, welcher in der Atmosphäre der Erde nicht vorkommt.

Saturn. — Das Spectrum des Saturn ist schwach; gleichwohl entdeckt man darin einige Linien, welche denen, welche das Spectrum des Jupiter auszeichnen, ähnlich sind. Dieselben Linien sind weniger stark in dem Lichte der Ansen der Ringe angezeigt und zeigen uns so, dass die absorbirende Kraft der Atmosphäre um die Ringe herum schwächer ist, als die der Atmosphäre, welche die Kugel des Planeten umgiebt. Ein französischer Gelehrter, Janssen, hat ganz neulich gefunden, dass mehrere der atmosphärischen Linien durch Wasserdampf hervorgebracht werden [1]. Wahrscheinlich kommt dieser Wasserdampf in den Atmosphären von Jupiter und von Saturn vor.

Mars. — Bei einer Gelegenheit hat man einige

Licht gab mir ein Spectrum, in welchem das blaue Ende auffallend verkürzt und die atmosphärischen Linien in der Nachbarschaft der Linie D sehr stark erschienen.

[1] Es geschah dies bei einer Besteigung des Faulhorns, bei welcher zugleich die allmälige Abnahme der Intensität der erd-atmosphärischen Linien des Sonnen-Spectrums beobachtet wurde. Derselbe Gelehrte entdeckte bald nachher in dem Spectrum des Lichtes eines Tannenholz-Feuers, welches er aus einer Entfernung von 21 Kilometer betrachtete, dunkle Linien, welche allem Anschein nach dieselbe Lage, wie die erd-atmosphärischen, einnahmen.

Im August 1865 beobachtete Janssen das Spectrum des Lichtes von 16 vereinigten Gasflammen, nachdem es durch eine metallene Röhre von 37 Meter Länge gegangen war. Wenn diese Röhre mit Wasserdampf von 7 Atmosphären Druck angefüllt war, so sah er in dem Spectrum zwischen dem äussersten Roth und der Linie D Gruppen dunkler Linien zum Vorschein kommen, welche er als von der Absorption durch Wasserdampf herrührend ansieht, und welche den Linien des Sonnen-Spectrums entsprechen, die bei sinkender Sonne intensiver werden.

bemerkenswerthe Liniengruppen in dem brechbarsten Theile vom Spectrum des Mars gesehen. Vielleicht stehen sie mit der rothen Farbe, welche diesen Planeten auszeichnet, im Zusammenhang.

Venus. — Obgleich das Spectrum der Venus sehr glänzend ist und die Fraunhofer'schen Linien sehr deutlich zeigt, hat man darin doch keine besondere Linie entdecken können, welche die Anwesenheit einer Atmosphäre verriethe. Das Fehlen solcher Linien kann dem Umstande zugeschrieben werden, dass das Licht wahrscheinlich nicht von der Oberfläche des Planeten, sondern durch Wolken, welche in einer gewissen Höhe über dieser Oberfläche schweben, reflectirt wird. Das Licht, welches auf solche Weise durch die Reflexion der Wolken zu uns gelangte, würde der absorbirenden Kraft der dichteren Schichten der Planeten-Atmosphäre nicht ausgesetzt gewesen sein.

Fixsterne.

Die Fixsterne geben, obgleich sie entfernter und von geringerem Glanze sind, als der Mond und die Planeten, uns dennoch vollständigere Anzeichen ihrer innersten Natur, weil sie die Quellen ihres eigenen Lichtes sind. Zu allen Zeiten sind die Sterne zugleich eine Schönheit und ein Mysterium gewesen. Die grössten Denker haben sich darin gefallen, in kindlicher Weise das Gefühl auszudrücken, was in den populären Zeilen ausgesprochen ist:

Twinkle, twinkle, pretty star,
How I wonder what you are!

(Glänze, funkle, schöner Stern, was du bist, wüsst' ich so gern.)

Man hatte die Telescope und Tuben zu Hülfe gerufen; aber vergeblich, denn selbst in den grössten Instrumenten zeigen sich die Fixsterne ohne Scheibe, als glänzende Punkte.

Die Sterne sind als wirkliche Sonnen, jede umgeben von einer Familie von Planeten, die davon abhängen, betrachtet worden. Diese Meinung beruhte nur auf einer möglichen Analogie; sie blieb im Grunde Hypothese. Durch die Beobachtung hatten wir keine Kenntniss der wahren Natur dieser entfernten Lichtpunkte erlangt. Diese so lange und so ernstlich gewünschten Aufschlüsse werden uns nun endlich durch die Spectral-Analyse gegeben. Wir sind heute im Stande, in dem Lichte jedes Sternes einige Anzeichen seiner wahren Natur zu lesen. Leider kann ich die Leser nicht mit Zauberschlag in ein Observatorium versetzen, um so die Stern-Spectra selbst zu zeigen; ich muss mich sehr genau gemachter Zeichnungen bedienen. Ich wähle dazu jetzt die Spectra von zwei glänzenden Sternen, welche wir mit grösster Sorgfalt untersucht haben: die obere Figur (s. das Titelbild) stellt das Spectrum des *Aldebaran*, *α Tauri* vor, die untere das Spectrum von *Beteigeuze*, *α Orionis*.

Die Lage aller dieser dunklen Streifen, ungefähr achtzig in jedem Spectrum, ist durch genau und mehrmals wiederholte Messungen bestimmt worden. Die gemessenen Linien sind nur ein kleiner Bruchtheil der unzähligen feinen Linien, welche man in den Spectren dieser Sterne entdeckt.

Unter dem Spectrum der beiden Sterne sind die glänzenden Linien der Metalle, mit denen man sie

verglichen hat, angegeben worden. Mit Hülfe dieses Arrangements kann man mit grosser Schärfe erkennen, ob diese glänzenden Linien genau den dunklen Linien des Sterns entsprechen, oder nicht. Z. B.: Die enge Doppel-Linie ist für das Natrium characteristisch und wir sehen, dass sie Linie für Linie mit einer dunklen und gleichfalls doppelten Linie im Stern zusammenfällt. Mithin enthält die Atmosphäre des Sterns Natriumdampf, und Natrium bildet eins der Elemente von diesem glänzenden, aber entfernten Sterne.

Die drei Linien im Grün werden, soviel wir bis jetzt wissen, nur durch den leuchtenden Dampf von Magnesium hervorgebracht. Diese Linien fallen nach ihrer Lage genau und Linie für Linie, mit drei dunklen Stern-Linien zusammen. Es scheint somit der Schluss wohl gerechtfertigt, dass ein anderes der Elemente dieses Sternes Magnesium ist.

Ebenso entsprechen die beiden intensiven dem Wasserstoff eigenthümlichen Linien, deren eine ihre Stelle im Roth, die andere bei der Grenze zwischen Blau und Grün hat, zwei dunklen Absorptionsstreifen im Spectrum des Sterns. Folglich ist im Sterne Wasserstoff anwesend.

Auf dieselbe Art erkennt man, dass auch noch andere Elemente, unter andern Wismuth, Antimon, Tellur, Quecksilber, Bestandtheile des Sternes ausmachen.

Man bemerke übrigens wohl, dass für diese verschiedenen Elemente die Gewissheit ihres Vorhandenseins nicht auf die Coincidenz von nur einer Linie gegründet ist, was ein zu schwaches Argument sein

würde, sondern auf die Coincidenz einer Gruppe von zwei, drei oder vier Linien, welche in verschiedenen Gegenden des Spectrums gelegen sind. Man würde ohne Zweifel finden, dass auch noch andere glänzende und dunkle Linien sich entsprechen, aber es nöthigt uns die Schwäche des Sternlichts, die Vergleichung auf die stärksten Linien jedes Körpers oder Elementes zu beschränken.

Welche Elemente nun werden wohl von den zahlreichen andern Streifen des Sterns vorgestellt? Einige davon rühren wahrscheinlich von den Dämpfen anderer irdischer Elemente her, die wir noch nicht mit dem Stern verglichen haben. Aber warum sollten einige dieser Linien nicht das Anzeichen von ursprünglichen Formen, von der Erde unbekannten Stoffen sein? Solche für uns neue Elemente könnten dort wichtige Reihen von Verbindungen gebildet und diesen entfernten Systemen einen ganz besonderen Character in Rücksicht auf die physischen Bedingungen aufgeprägt haben.

Die Spectra irdischer Substanzen sind auf die gleiche Art mit mehreren anderen Sternen verglichen worden.

Die Resultate solcher Vergleichungen sind in den folgenden Zusammenstellungen enthalten:

ELEMENTE, VERGLICHEN MIT *ALDEBARAN*.

Zusammenfallend.	Nicht zusammenfallend.
1. Wasserstoff mit den Linien C und F.	Stickstoff, drei Linien verglichen.
2. Natrium mit der Doppel-Linie D.	Cobalt, zwei Linien verglichen.
3. Magnesium mit der dreifachen Linie b.	Zinn, fünf Linien verglichen.
4. Calcium mit vier Linien.	Blei, zwei Linien verglichen.
5. Eisen mit vier Linien und mit E.	Cadmium, drei Linien verglichen.
6. Wismuth mit vier Linien.	Barium, zwei Linien verglichen.
7. Tellur mit vier Linien.	Lithium, eine Linie verglichen.
8. Antimon mit drei Linien.	
9. Quecksilber mit vier Linien.	

ELEMENTE, VERGLICHEN MIT *BETEIGEUZE*.

Zusammenfallend.	Nicht zusammenfallend.
1. Natrium mit der Doppel-Linie D.	Wasserstoff, zwei Linien verglichen.
2. Magnesium mit der dreifachen Linie b.	Stickstoff, drei Linien verglichen.
3. Calcium mit vier Linien.	Zinn, fünf Linien verglichen.
4. Eisen mit drei Linien und mit E.	Gold?
5. Wismuth mit vier Linien.	Cadmium, drei Linien verglichen.
6. Thallium?	Silber, zwei Linien verglichen.
	Quecksilber, zwei Linien verglichen.
	Barium, zwei Linien verglichen.
	Lithium, eine Linie verglichen.

Fünf oder sechs Elemente sind in *Beteigeuze* wiedergefunden worden, zehn andere scheinen bei diesem Sterne zu fehlen.

β *Pegasi* enthält Natrium, Magnesium und wahrscheinlich Barium.

α *Canis Majoris*, *Sirius* enthält Natrium, Magnesium, Eisen und Wasserstoff.

α *Lyrae* (*Wega*) enthält Natrium, Magnesium und Eisen [1].

β *Geminorum* (*Pollux*) enthält Natrium, Magnesium und Eisen.

Es sind noch etwa sechzig andere Sterne untersucht worden; alle scheinen einige der der Sonne und der Erde gemeinschaftlichen Elemente zu besitzen; es ist aber wahrscheinlich, dass auf jedem Sterne die Gruppirung der characteristischen Elemente eine besondere und einzige ist.

Einige wenige Sterne jedoch scheiden sich hiervon ab und scheinen durch ganz besondere Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet zu sein. Typen solcher Sterne sind *Beteigeuze* und β *Pegasi*. Die Gruppirung der Absorptions-Streifen dieser Sterne überhaupt ist eine ganz besondere. Merkwürdig und eine Ausnahme in diesen beiden Spectren ist auch die Abwesenheit der beiden characteristischen Linien des Wasserstoffs, wovon die eine im Roth, die andere im Grün liegt. Sie entsprechen den Fraunhofer'schen Linien C und F. Die Abwesenheit dieser Linien C und F bei mehreren Sternen beweisst, dass sie nicht von dem Wasserdampfe unserer Atmosphäre herrühren.

Ich wage kaum den Gedanken auszusprechen, dass die um solche Sonnen kreisenden Planeten ihnen wahr-

---

[1] Aber ebenfalls Wasserstoffgas. Anmkg. d. Uebersetzers.

scheinlich darin gleichen, dass sie ebenfalls das so wichtige Element des Wasserstoffes nicht besitzen. Zu welchen Lebensformen könnten solche Planeten dienen? Welten ohne Wasser! Nur die Phantasie eines Dante könnte solche Welten mit lebenden Wesen bevölkern.

Es verdient beachtet zu werden, dass, abgesehen von diesen wenigen Ausnahmen, diejenigen irdischen Elemente, welche in dem grossen Heere der Sterne die weiteste Verbreitung haben, gerade auch diejenigen sind, welche für das Leben auf der Erde als wesentlich gelten, nämlich: Wasserstoff, Natrium, Magnesium und Eisen. Wasserstoff, Natrium und Magnesium stellen ja auch den Ocean vor, der ein wesentlicher Theil einer wie die Erde zusammengesetzten Welt ist.

Diese Beobachtungen zeigen uns, dass die Sterne, wenigstens die glänzenderen unter ihnen, der Sonne ähnlich sind, was das Allgemeine ihrer Zusammensetzung betrifft; ihr Licht strahlt, wie das der Sonne, von einer bis zum intensivsten Weiss erhitzten Materie aus und durchläuft eine Atmosphäre absorbirender Dämpfe. Aber neben dieser Einheit im Allgemeinen besteht eine sehr grosse Verschiedenheit in der Zusammensetzung der einzelnen Sterne. Jeder Stern unterscheidet sich von den andern durch seine chemische Zusammensetzung. Dürfen wir nicht glauben, dass die Eigenthümlichkeiten eines jeden Sternes mit dem besondern Zwecke, welchen er erfüllen soll, und mit den lebenden Wesen, welche die planetarischen Welten bewohnen, von welchen er sehr wahrscheinlich umkreist wird, in einer nothwendigen Beziehung stehen? Einmal im Besitze dieser Data über die wahre Natur der Sterne,

richten wir unsere Aufmerksamkeit auf die Erscheinungen, welche einigen unter ihnen eigenthümlich sind.

Farben der Sterne.

Wenn die Luft sehr durchsichtig ist, vorzüglich in südlichen Klimaten, machen die funkelnden Sterne nicht alle den Eindruck farbloser Diamanten; hier und da entdeckt das Auge in schönem Contrast reich gefärbte Edelsteine. Das Licht der für das unbewaffnete Auge glänzenden Sterne hat stets einen leichten Anflug von Roth, Orange oder Gelb. Beobachtet man mit einem Fernrohr, so entdeckt man ganz in der Nähe dieser rothen oder orangefarbenen Sterne und in Gemeinschaft mit ihnen, schwächere von blauer, grüner oder violetter Farbe.

Hiernach schien es uns sehr wahrscheinlich, dass die Ursache des Farben-Unterschiedes zwischen den Sternen sich in ihrem Spectrum verrathen müsste. Da, wie wir gesehen haben, die Quelle des Lichtes der Sterne eine feste oder flüssige glühende Materie ist, so ist es uns sehr wahrscheinlich, dass in dem Augenblicke der Ausstrahlung das Licht aller Sterne gleichmässig weiss ist. Die Farben, die sich ihm beigemischt finden, müssen also einige Aenderungen, welche das Licht nach seiner Ausstrahlung erlitten hat, zur Ursache haben.

Es leuchtet weiter ein, dass, wenn die dunklen Absorptions-Linien in einer Gegend des Spectrums zahlreicher oder stärker werden, die diesen Gegenden eigene Farbe an Intensität gegen die Farbe derjenigen Theile, wo sich nur wenige dunkle Linien zeigen,

verlieren wird. Diese letzteren ungeschwächt gebliebenen Farben werden demnach vorherrschen und dem ursprünglichen weissen Lichte etwas von ihrem eigenen Character geben. Diese Annahmen sind durch die Beobachtung bestätigt worden. Die Abbildung Fig. 3 stellt das Spectrum des *Sirius* dar, welchen man als Typus der Sterne von weissem Lichte ansehen kann. Wie man erwarten durfte, sind die Spectra dieser Sterne durch die Abwesenheit intensiver Gruppen von Absorptions-Linien bemerkenswerth. Die dunklen Linien, obwohl in grosser Anzahl vorhanden, sind doch alle, mit einer Ausnahme, sehr zerstreuet, sehr fein und zu schwach, die ursprüngliche Weisse des Lichtes beeinträchtigen zu können. Die einzige Ausnahme besteht in vier einfachen sehr starken Linien: die eine darunter entspricht der Linie C bei Fraunhofer, die andere dem F; die dritte ist sehr nahe bei G. Zwei von diesen Linien zeigen sicher die Anwesenheit von Wasserstoff an. Diese Eigenthümlichkeit, welcher man unveränderlich bei allen farblosen Sternen begegnet, gibt zu denken und regt zu Conjecturen an. Sollte sie vielleicht Anzeichen einer ungewöhnlich hohen Temperatur sein?

Wir wollen nun das Spectrum eines orangefarbenen Sternes prüfen. Die Abbildung Fig. 4 zeigt das Spectrum des glänzendsten der beiden Sterne, aus welchen der Doppelstern α *Herculis* zusammengesetzt ist. In dem Spectrum dieses Sterns sind die Gegenden vom Grün und vom Blau, und auch die vom Roth, durch intensive Gruppen dunkler Linien abgeschwächt, während das Orange und das Gelb fast ihre ursprüngliche

Intensität behalten haben und folglich in dem Lichte des Sterns vorherrschen.

Es wirft sich nun die Frage zur Beantwortung auf: geben auch die schwachen telescopischen Sterne von blauem, grünem oder violettem Lichte, die man am Himmel niemals isolirt, sondern immer in der Nachbarschaft eines hellen rothen oder orangefarbenen Sterns trifft, Spectra, welche der eben entwickelten Theorie gemäss sind? Mit einigen kleinen Schwierigkeiten und indem wir uns einer besondern Anordnung des Spectral-Apparates bedienten, ist es uns geglückt, die Spectra einiger Doppelstern-Componenten zu beobachten. Wir werfen jetzt die Bilder des wohlbekannten Doppelsterns β *Cygni* auf den Schirm. In einem grossen Fernrohre contrastiren die Farben dieser beiden Sterne auf sehr angenehme Art, wie sie es auch auf dem Schirme thun. Betrachten wir nun ihre Spectra (Fig. 5); das obere ist das des orangenfarbenen Sterns, das untere das seines schwachen, aber schönen blauen Begleiters. Für den orangefarbenen Stern sehen wir die dunklen Streifen intensiver und enger gruppirt in den blauen und violetten Theilen des Spectrums; die Orangefarbe, verhältnissmässig weniger von diesen Streifen durchfurcht, ist folglich vorherrschend. Für den zart blau gefärbten Begleiter finden sich die stärksten Gruppen dunkler Streifen im Gelb, Orange und einem Theile des Roth. In der Anordnung dieser Gruppen finden wir denn eine hinreichende Ursache des Vorherrschens der anderen Farben des Spectrums, welche dem Auge die Empfindung von blauem oder violettem Lichte bei diesem Sterne hervorrufen. Es werden

also in Wirklichkeit die Farben der Sterne durch Dämpfe in ihrer Atmosphäre hervorgebracht. Die chemische Beschaffenheit der Atmosphäre eines Sterns hängt dabei von den Elementen, welche den Stern zusammensetzen, und von seiner Temperatur ab.

Veränderliche Sterne.

Man hat gefunden, dass der Glanz mehrerer Sterne veränderlich ist. Von einer Nacht zur andern, von einem Monat zum andern, von einer Jahreszeit zur andern kann man in ihrem Lichte unausgesetzte Aenderungen, dass es bald zu-, bald abnimmt, feststellen. Ein aufmerksames Studium hat bei diesen veränderlichen Sternen durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen, dass diese fortwährenden Aenderungen nicht auf eine unsichere oder unregelmässige Weise vor sich gehen. Der grösste Theil dieser merkwürdigen Himmelskörper oscillirt, wächst und nimmt ab nach einem festen Gesetze periodischer Aenderung, welches jedem von ihnen eigenthümlich ist.

Wir suchen seit einiger Zeit einiges Licht über dieses sonderbare Phänomen durch Beobachtung des Spectrums der veränderlichen Sterne zu gewinnen.

Wenn wirklich in mehreren Fällen die periodische Veränderung des Glanzes von einer im Stern vorgekommenen physischen Aenderung herrührt, so wird uns das Prisma in dieser Beziehung nützliche Aufschlüsse geben können. Desgleichen, wenn das Schwächerwerden des Sternes von dem Vortreten eines dunklen und undurchsichtigen Körpers herrührt, und

wenn es sich ereignet, dass der dunkle Körper von einer Atmosphäre umgeben ist, so wird sich uns deren Anwesenheit durch einige hinzukommende Absorptions-Linien in dem zur Zeit des Minimums beobachteten Stern-Spectrum offenbaren. Wir glauben schon eine Aenderung dieser Art in dem Spectrum eines veränderlichen Sterns festgestellt zu haben.

Beteigeuze ist veränderlich, jedoch nur in mässigem Grade. Als dieser Stern im Februar 1866 im Maximum war, haben wir eine Gruppe von Streifen, deren genaue Position mit der grössten Sorgfalt zwei Jahre zuvor bestimmt war, nicht wiederfinden können [1].

Wir haben die Spectra mehrerer veränderlicher Sterne in verschiedenen Phasen ihrer periodischen Aenderungen beobachtet; aber unsere Resultate sind noch nicht vollständig.

Es ist bemerkenswerth, dass die Sterne von rother oder Orange-Farbe Spectra geben, welche denen von *Beteigeuze* und β *Pegasi* analog sind.

Als Beispiel dieser Gruppe veränderlicher Sterne mag das Bild des Spectrums von μ *Cephei* in seinem Maximum dienen (Fig. 6).

Zeitweilig sichtbare Sterne.

Man rechnet zu den veränderlichen Sternen auch die merkwürdigen Erscheinungen der sogenannten neuen Sterne, welche einigemal, aber in sehr langen Zeit-

---

[1] Die in Rede stehende Gruppe ist in dem Spectrum von Beteigeuze (α Orionis) dargestellt und bei Nr. 1069.5 der Scala durch eine starke Linie begrenzt. — Man sehe Titelblatt Fig. 2.

Intervallen, plötzlich am Himmel erschienen sind. Niemals und in keinem Falle ist dadurch die Anzahl der am Firmamente glänzenden Sterne auf eine dauernde Weise vermehrt worden. Der Glanz dieser Himmelskörper ist immer nur ein vorübergehender gewesen, doch weiss man nicht zu sagen, ob sie vollständig erlöschen, oder mit ausserordentlich schwachem Glanze fortleuchten. Zwei solcher Sterne aus neuerer Zeit, der von Hind im Jahre 1845 gesehene und der neulich in der Krone beobachtete glänzende Stern, sind, nachdem sie ihrer zeitweiligen Grösse verlustig geworden, wieder zu Sternen der 10. und 11. Grössen-Classe herabgesunken. Die alten, auf diese fremdartigen Körper bezogenen Theorien müssen verworfen werden. Wir können weder mit Tycho de Brahe glauben, dass solche ephemere Gestirne neue Schöpfungen seien, noch mit Riccioli, dass sie bloss auf einer Seite glänzen, welche dann der Schöpfer durch eine plötzliche halbe Umdrehung der Erde zuwenden lässt. Die Theorie, welche behauptet, dass sie mit einem Male kämen, und mit einer Geschwindigkeit, grösser als die des Lichtes, aus Gegenden, deren Entfernung sie uns unsichtbar gemacht, findet jetzt keinen Vertheidiger mehr.

Wenn wir uns auf den chinesischen Catalog des Ma-Tuan-Lin verlassen dürfen, so würden gegen zwanzig solcher zeitlicher Sterne in den letzten zwei Jahrtausenden beobachtet worden sein.

Der berühmte Stern von 1572, welchen Tycho de Brahe zur Zeit seines Erscheinens beobachtete, übertraf an Glanz Sirius, Wega und Jupiter; er konnte in der Beziehung nur mit Venus in ihrem grössten

Glanze verglichen werden. Der Stern nahm während sieben Monaten bis zum Verschwinden für das blosse Auge ab. Argelander hat die Position des Sternes, wie folgt, berechnet

Epoche 1865,0 Rectascension: 4° 19′ 57″, 7, Nördl. Declination: 63° 23′ 55″.

Der Stern Kepler's übertraf in der ersten Zeit seiner Erscheinung, im Jahre 1604, die Sterne erster Grösse an Glanz, und selbst Mars, Jupiter und Saturn, doch war er schwächer als Venus. Er nahm an Glanz ab, bis man ihn, nach Verlauf von 15 Monaten, nicht mehr mit blossen Augen sehen konnte. Nach Schönfeld ist der Ort dieses Sterns am Himmel:

Epoche 1855,0 Rectasc. 17° 21′ 57″, mit der jährlichen Aenderung von + 3^s,586.

Südliche Declin. 21° 21′,2 mit der jährlichen Aenderung von — 0″,055.

Der Stern, welcher vor kurzem in dem Sternbilde der nördlichen Krone aufleuchtete, ist Nr. 2765 von Argelander's Zone der Declination + 26°; zu der Zeit von Argelander's Durchmusterung war der Stern schwächer als neunter Grösse. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Sir John Herschel Zeuge eines früheren Aufleuchtens dieses Sternes gewesen ist.

Den 12. Mai 1866 flammte nemlich mit einem Male ein Stern zweiter Grösse im Sternbilde der nördlichen Krone auf. Dank der Liebenswürdigkeit des ersten Entdeckers dieser Erscheinung, des Herrn Birmingham zu Tuam, wurde ich in Stand gesetzt, mit Dr. Miller das Spectrum dieses Sternes seit dem 15. Mai zu untersuchen, als er noch nicht viel unter die dritte Grösse herunter gesunken war. Die Gerechtigkeit

erfordert zu bemerken, dass Mr. Barker aus London in Canada, welcher in der „Canadian Free Press" anzeigte, dass er den 14. Mai in der Krone einen neuen Stern beobachtet habe, noch weiter in einem an Mr. Hind gerichteten Briefe versichert, er habe den Stern seit dem 4. Mai gesehen, dass er bis zum 10. Mai immer glänzender geworden sei, von da an aber abgenommen habe.

Das Spectrum dieses Sterns (Fig. 7) zeigt sich aus zwei über einander fallenden Spectren zusammengesetzt. Das erstere wird von vier glänzenden Linien gebildet, das zweite ist dem der Sonne und der Sterne analog. Dieses Mal stellen die beiden Spectra zwei getrennte Lichtquellen vor. Jedes dieser Spectra entsteht aus der Zerlegung eines Lichtbündels, welches von dem das andere Spectrum erzeugenden Licht unabhängig ist. Das continuirliche von dunklen Linien durchfurchte Spectrum bezeichnet die Anwesenheit einer Photosphäre glühender, fast mit Sicherheit für fest oder flüssig zu haltender, Materie an, welche von einer Atmosphäre kälterer, durch Absorption die dunklen Linien hervorrufender Dämpfe umgeben ist. Bis zu diesem Punkte ist die Beschaffenheit dieses Gestirnes der der Sonne und der Sterne analog; aber der Stern zeigt noch ein zweites Spectrum mit hellen Linien. Es ist also noch eine zweite, besondere Lichtquelle vorhanden, und diese muss, nach der Natur des entsprechenden Spectrums, ein leuchtendes Gas sein. Noch weiter lehren uns die beiden hellen Haupt-Linien dieses Spectrums, dass das eine dieser leuchtenden Gase Wasserstoffgas ist. Endlich beweist noch der grosse Glanz dieser Linien, dass

das leuchtende Gas heisser ist als die Photosphäre. Bringt man diese Thatsachen mit der Plötzlichkeit des Aufleuchtens des Sternes in Verbindung, und damit, dass auch die Lichtabnahme eine so schnelle war, dass der Glanz in zwölf Tagen von der zweiten bis zur achten Grösse herabsank, so wird uns nahe gelegt, zu glauben, dass das Gestirn plötzlich von den Flammen brennenden Wasserstoffgases umgeben gewesen ist. Es könnte dasselbe der Sitz einer grossen, von ausserordentlicher Gas-Entwicklung begleiteten Katastrophe gewesen sein. Ein grosser Theil der Gase wäre Wasserstoff gewesen, welcher bei der Verbindung mit einem andern Elemente an der Oberfläche des Planeten verbrannte. Das entzündete Gas schickte Licht aus, welches durch das Spectrum mit hellen Streifen characterisirt wurde. Das Spectrum des anderen Theils des Sternlichtes könnte anzeigen, dass die furchtbare Gasverbrennung auch die feste Materie in der Photosphäre ausserordentlich erhitzt und zu lebhafterem Glühen gebracht habe. Als das Wasserstoffgas verzehrt war, nahm die Flamme allmälig ab, die Photosphäre wurde weniger leuchtend und der Stern kam zu seinem früheren Zustande zurück.

Wir dürfen nicht vergessen, dass das Licht, obgleich ein so schneller Bote, doch eine gewisse Zeit braucht, um vom Sterne zu uns zu gelangen. Die grosse Katastrophe gehört, wenn sie auch neu für uns ist, für den Stern selbst doch schon den verhältnissmässig alten Ereignissen an. Es sind für ihn seitdem schon Jahre unter neuen Bedingungen, welche diese heftige Katastrophe hervorgebracht hat, verflossen.

Nebelflecke.

Ich gehe nun zu einer andern Classe von Objecten über. Bewaffnet man das Auge mit einem Fernrohre von selbst nur mittelmässiger Kraft, so heben sich eine grosse Zahl von Sternhaufen und matt leuchtenden Nebelflecken von dem dunklen Himmelsgewölbe ab, wobei sie mit den glänzenden, aber punktähnlichen Bildern der gewöhnlichen Sterne einen Contrast bilden. Man erkennt bei einigen dieser Haufen leicht, dass sie aus sehr kleinen und sehr dicht bei einander stehenden Sternen gebildet sind. Aber manche dieser fremdartigen Objecte lassen sich nicht in Sterne auflösen, selbst nicht mit den stärksten Telescopen, und gleichen schwach leuchtenden oder phosphorescirenden Wölkchen. Während der letzten 150 Jahre haben sich die Astronomen ohne Unterbrechung mit der wichtigen Frage beschäftigt, welches die wahre Natur dieser so zarten Gebilde sei, welche an die Cometen erinnern. Das an diese Frage sich knüpfende Interesse ist bedeutend gewachsen, seitdem W. Herschel den Gedanken ausgesprochen, dass diese Haufen Theile der Urmaterie seien, welche zur Bildung der jetzt bestehenden Sterne gedient hat, und dass wir in ihnen noch, indem wir sie untersuchen, einige der Phasen erkennen können, welche die Sonnen und Planeten in ihrer Entwicklung oder ihrem Uebergange von leuchtenden Wolken zu dem gegenwärtigen Zustande durchlaufen haben.

Das Telescop hat uns die Aufklärung, deren wir in Betreff der Natur der Nebel entbehrten, nicht

gegeben. Zwar hat man, in dem Maasse, als die Oeffnung des Objectives grösser wurde, einen grossen Theil dieser Himmelskörper in Sterne aufgelöst; aber zugleich sind feinere Nebel in dem Gesichtsfelde erschienen, und man hat so phantastische Formen, solche Gebilde von diffusem Lichte gesehen, dass der Geist sich sträuben muss, dieselben als das Resultat des vereinigten Glanzes unzähliger in mehr und mehr unfassbaren Entfernungen leuchtender Sonnen zu betrachten. Die Spectral-Analyse würde, wenn sie auf so ausserordentlich schwache Objecte anwendbar würde, offenbar eine sehr geeignete Methode dafür abgeben, zu erkennen, ob die Nebelflecke sich von den Sternen in ihrer physischen Natur unterscheiden.

Zu dem ersten Versuche wählte ich im August 1864 eines dieser Gestirne aus der Classe der sehr kleinen aber verhältnissmässig glänzenden Nebel (Fig. 8). Meine Ueberraschung war gross, als ich bei dem Betrachten desselben durch das Fernrohr des Spectral-Apparates erkannte, dass das Spectrum desselben nicht das Ansehen eines leuchtenden gefärbten Streifens habe, wie es ein Stern zeigt, und dass statt des continuirlichen Bandes man nur drei helle isolirte Linien bemerke.

Diese Beobachtung reichte hin, das seit so langer Zeit angeregte Problem zu lösen, wenigstens für diesen besonderen Nebel, und zu beweisen, dass es nicht ein Haufen besonderer Sterne, sondern ein wirklicher Nebel ist. Ein Spectrum dieser Art kann, so weit es die erlangten Daten zu verbürgen erlauben, nur durch das von einer Materie in gasförmigem Zustande ausgestrahlte Licht hervorgebracht werden. Das Licht

dieses Nebelflecks strömte also nicht von einer festen oder flüssigen glühenden Materie aus, wie das der Sonne und der Sterne, sondern von einem leuchtenden Gas. Es war wichtig, wo möglich aus der Lage dieser glänzenden Linien die chemische Natur des Gases oder der Gase, aus denen diese Nebelflecke gebildet sind, zu erkennen. Die an der glänzendsten unter ihnen vorgenommene Mikrometer-Messung zeigt, dass sie im Spectrum den hellsten Linien des Stickstoff-Spectrums sehr nahe liegt (Fig. 9). Es ergab dies die unmittelbare Vergleichung des Spectrums vom Stickstoff mit den hellen Linien des Nebelflecks. Ich fand, dass die hellste der Linien mit der intensivsten aus der Gruppe der für Stickstoff characteristischen Linien zusammenfällt. Es ist also wohl möglich, dass die Anwesenheit dieses einzeln gebliebenen Streifens einen noch mehr elementaren Stoff, als Stickstoff, einen solchen, den unsere Analysen uns noch nicht zu finden gelehrt haben, anzeigt [1].

Auf dieselbe Art findet man, dass die schwächste der Linien mit der grünen Linie im Wasserstoff-Spectrum zusammenfällt.

---

[1] Zu dem Zweck, mich zu vergewissern, ob die Abwesenheit der andern hellen Linien vom Stickstoff vielleicht mit der Anwesenheit von Wasserstoff in Verbindung gebracht werden könne, construirte ich einen Apparat, in welchen man gleichzeitig, während man das Spectrum des Inductions-Funkens in einem Strome von Stickstoff beobachtet, auch einen Wasserstoff-Strom einführen und das Verhältniss beider Gase reguliren kann. Mit diesem Apparate wurde die Abnahme der Helligkeit der Stickstoff-Linien, in dem Grade, als das Verhältniss dieses Gases zum Wasserstoff verkleinert wurde, und die Zunahme der Helligkeit, wenn der Stickstoff-Strom stärker wurde, mit Sorgfalt beobachtet; aber eine merkliche Aenderung in der relativen Helligkeit der Stickstoff-Linien zu einander konnte nicht wahrgenommen werden.

Die mittlere Linie aus der Gruppe der drei, welche das Spectrum des Nebelflecks bilden, hat keine entsprechende unter den hellen Linien der dreissig irdischen Elemente, welche damit verglichen sind. Sie entfernt sich wenig von der Barium-Linie, aber sie fällt nicht damit zusammen. Ausser diesen hellen Linien sah man ein ausserordentlich schwaches stetiges Spectrum. Dieses letztere hatte anscheinend keine Ausdehnung in die Breite und musste danach von einem schwachen diffusen Lichte herrühren, welches dem Centrum des Nebels zuzukommen schien. Es ist also ein sehr kleiner Kern vorhanden, welcher heller ist, als die übrige Nebelmasse. Die Beobachtung zeigt uns fast sicher, dass die Materie des Kerns nicht in gasförmigem Zustande ist, wie die des umgebenden Nebels. Sie besteht aus undurchsichtiger Materie, welche in der Form von glühendem Dunst aus festen oder flüssigen Theilchen besteht.

Die neuen und unerwarteten Resultate, welche bei der Untersuchung dieses Nebels durch das Prisma erhalten wurden, zeigen, wie wichtig es ist, möglichst viele dieser merkwürdigen Körper zu untersuchen. Werden alle Nebel ähnliche Spectra zeigen? Von besonderer Wichtigkeit war es zu wissen, ob die Nebel, welche das Telescop sicher in eine Anhäufung von hellen Punkten aufgelöst hat, ein gasanzeigendes Spectrum haben würden.

Die Beobachtung dieser Objecte mit dem Prisma ist in Anbetracht ihrer grossen Lichtschwäche ausserordentlich schwierig. Abgesehen hiervon ist nur bei sehr klarem Himmel, und wenn der Mond nicht da ist,

die Untersuchung ihres Lichtes durch das Prisma möglich. Während der Jahre 1865 und 1866 habe ich die Spectra von mehr denn 60 Nebelflecken und Sternhaufen untersucht. Dieselben lassen sich in zwei grosse Gruppen theilen. Die erstere umfasst die Nebel, welche ein dem eben beschriebenen ähnliches Spectrum geben, oder wenigstens ein Spectrum mit einer, oder zwei von den drei in Rede stehenden hellen Linien. Von den 60 untersuchten Gestirnen gehörte ungefähr ein Drittel der Classe der gasförmigen Körper an. Das Licht der vierzig übrigen Nebel oder Sternhaufen wurde durch das Prisma in ein Spectrum von continuirlichem Ansehen ausgedehnt.

Nebel, deren Spectrum aus einer, zwei oder drei hellen Linien gebildet wird, sind die folgenden; die Zahlen beziehen sich auf den General-Catalog von Sir John Herschel.

Nr. 4373	. . . 37 H. IV.	Nr. 2102	. . . 27 H. IV
» 4390	. . . 6 Σ	» 4234	. . . 5 Σ
» 4514	. . . 73 H. IV	» 4403	. . . 17 M
» 4510	. . . 51 H. IV	» 4572	. . . 16 H. IV
» 4628	. . . 1 H. IV	» 4499	. . . 38 H. VI
» 4447	Ring-Nebel d. Leyer	» 4827	. . . 705 H. II
» 4964	. . . 18 H. IV	» 4627	. . . 192 H. I
» 4532	. . . Dumb-bell.	» 385	. . . 76 M
» 1179	. . . Orion-Nebel	» 386	. . . 193 H. I
		» 2343	. . . 97 M

Sternhaufen und Nebel mit anscheinend continuirlichem Spectrum:

Nr. 4294	. . . 92 M	Nr. 428	. . . 55 Andromedae
» 4244	. . . 50 H IV	» 826	. . . 26 H. IV
» 116	Andromeda-Nebel	» 4670	. . . 15 M
» 117	. . . 32 M	» 4678	. . . 2 M

Nr. 105 . . .	18 H. V	Nr. 4315 . . .	14 M
» 307 . . .	151 H. I	» 4357 . . .	199 H. II
» 575 . . .	156 H. I	» 4437 . . .	11 M
» 1949 . . .	81 M	» 4441 . . .	47 H. I
» 1950 . . .	82 M	» 4473 . . .	Auwers 44.
» 3572 . . .	51 M	» 4485 . . .	56 M
» 2841 . . .	43 H. V	» 4526 . . .	2081 h.
» 3474 . . .	63 M	» 4625 . . .	52 H. I
» 3636 . . .	3 M	» 4600 . . .	15 H. V
» 4058 . . .	215 H. I	» 4760 . . .	207 H. II
» 4159 . . .	1945 h	» 4815 . . .	53 H. I
» 4230 . . .	13 M	» 4821 . . .	233 H. II
» 4238 . . .	12 M	» 4878 . . .	251 H. II
» 4244 . . .	50 H. IV	» 4883 . . .	212 H. II.
» 4256 . . .	10 M		

Ich habe von einigen der Spectra der merkwürdigsten Nebel von gasförmiger Beschaffenheit Abbildungen gegeben. Die erste, Fig. 10, ist der von Lord Rosse entworfenen Zeichnung eines kleinen Nebels im Wassermann nachgebildet.

Wir haben es hier mit einem gasförmigen System zu thun, welches durch sein Aussehen den Beobachter an Saturn und seine Ringe erinnert. Der Ring wird hier in seinem Querschnitte gesehen. Das Spectrum zeigt drei helle Linien.

In dem folgenden Nebelflecke (Fig. 11) finden wir einen im Wesentlichen sehr ähnlichen Bau; nur zeigt derselbe wegen einer andern Lage zu unserem Auge den Ring im Längsschnitt; das Spectrum besteht aus drei hellen Linien.

Die Vertheilung des Lichtes in dem nun folgenden Himmelskörper (Fig. 12) zeigt einen spiralförmigen Bau an. Dieser Nebel ist dadurch merkwürdig, dass

er der einzige ist, der eine vierte glänzende Linie, ausser den drei gewöhnlich vorkommenden, zeigt.

Aber das merkwürdigste und wahrscheinlich dem unsrigen am nächsten stehende System der ringförmigen Nebel ist das wohlbekannte in der *Leyer* (Fig. 13). Sein Spectrum hat nur eine glänzende Linie. Wenn der Spalt des Instruments den Nebelfleck durchkreuzt, so erscheint diese Linie aus zwei glänzenden Strichen gebildet, welche den in dem Ringe gemachten Einschnitten entsprechen. Diese beiden Striche sind durch einen weit schmaleren Strich verbunden, welcher anzeigt, dass der sehr schwach leuchtende centrale Theil des Nebels von derselben Beschaffenheit ist. Ein Nebelfleck (Fig. 14), welcher durch seine grosse Ausdehnung und sonderbare Form auffällt, ist der unter dem Namen Dumb-Bell-Nebel bekannte. Sein Spectrum hat auch nur eine einzige Linie. Die Untersuchung des Lichtes mit dem Prisma in den verschiedenen Theilen zeigt, dass seine Zusammensetzung überall dieselbe ist.

Der grösste vielleicht von allen bekannten Nebelflecken ist der wolkenförmig gebildete im Schwertgriffe des *Orion* (Fig. 15). Er besteht ebenfalls aus Gas. Sein Spectrum gibt drei helle Linien. Lord Rosse theilte mir mit, dass die grünlich-blaue Materie dieses Nebels durch sein Telescop nicht hat in Sterne aufgelöst werden können; auf einigen Punkten jedoch hat er eine grosse Anzahl sehr kleiner rother Sterne gesehen, welche, obgleich scheinbar in die nicht auflösbare Nebel-Materie eingehüllt, ihr doch ohne Zweifel fremd sind. Diese Sternchen sind zu schwach, um ein sichtbares Spectrum zu geben.

Alle wirklichen Sternhaufen (clusters), welche durch das Telescop in getrennte glänzende Punkte aufgelöst wurden, geben ein Spectrum, welches nicht mehr aus getrennten glänzenden Linien besteht, sondern scheinbar continuirliches Licht hat. Auch viele Nebelflecke geben ein derartiges Spectrum. Ein Beispiel aus dieser Gruppe liefert der grosse Nebel der *Andromeda*, welcher dem unbewaffneten Auge sichtbar und zuweilen für einen Cometen gehalten worden ist. Sein Spectrum bietet, obgleich es den Anschein der Stetigkeit hat, doch einige auffallende Eigenthümlichkeiten dar. Es fehlen nämlich darin das ganze Roth und ein Theil des Orange. Ausser diesem characteristischen Zuge bietet auch der glänzendste Theil des Spectrums einen ungleichartigen und buntscheckigen Anblick.

Es ist merkwürdig, dass der Sternhaufen im *Hercules*, der so leicht aufzulösen ist, ein genau dem ähnliches Spectrum zeigt. Die Verwandtschaft in dem prismatischen Verhalten zwischen diesem Sternhaufen und dem Andromeda-Nebel wird durch die telescopische Beobachtung bestätigt, da Lord Rosse in jenem Bänder oder dunkle Linien gesehen hat, wie man sie auch in dem Andromeda-Nebel bemerkt (Fig. 16).

Mit Rücksicht auf diese Beobachtungen war es von grossem Interesse, zu wissen, ob diese allgemeine Classification der Nebel und Sternhaufen, welche das Prisma angibt, auch den Anzeichen von Auflösbarkeit entspricht, welche das Telescop liefert. Sollte sich vielleicht zeigen, dass alle nicht aufgelösten Nebel gasartig, und dass die, welche ein continuirliches Spectrum zeigen, Sternhaufen sind?

Lord Oxmantown hat alle Beobachtungen der Nebelflecke oder Sternhaufen meines Verzeichnisses, welche mit dem grossen Spiegel-Telescope seines berühmten Vaters, des Lord Rosse, angestellt worden sind, wieder durchgesehen. Die Resultate einer vergleichenden Prüfung werden durch die folgende kleine Tafel gegeben:

	Contin. Spectr.	Discont. Spectr.
Sternhaufen	10	0
Aufgelöst, oder vielleicht aufgelöst	5	0
Auflösbar, oder vielleicht auflösbar	10	6
Blau oder grün	0	4
Nichts von Auflösbarkeit gesehen .	6	5
	31	15
Nicht beobachtet durch Lord Rosse	10	4
Im Ganzen	41	10

Wenn man auf die grosse Schwierigkeit einer guten telescopischen Beobachtung dieser Himmelskörper Rücksicht nimmt, so kann die Uebereinstimmung zwischen den Resultaten des Prisma und denen des Telescopes als merkwürdig und bedeutungsvoll betrachtet werden.

Die Hälfte der Nebel, welche ein continuirliches Spectrum geben, sind im Sterne aufgelöst worden, ein Drittel ferner ist wahrscheinlich auflösbar, während von den gasartigen Nebeln kein einziger von Lord Rosse mit Sicherheit aufgelöst gesehen worden ist.

Es drängt sich uns nun die Frage auf, welche anderen Folgerungen noch aus den neuen Thatsachen, welche uns das Prisma geliefert hat, mit Recht gezogen werden können. Ist die Existenz der gasartigen Nebel ein sicherer Beweis für die Realität der in den

Theorieen von Herschel und Laplace angenommenen Urmaterie der Nebel? Und ferner, wenn wir nicht die Meinung gelten lassen dürfen, dass diese Nebelflecke Theile der Urmaterie seien, welche zur Bildung der Sonne und der Planeten gedient hat, welches ist der Rang und das Verhältniss zum Kosmos, welches wir ihnen anzuweisen haben? Als Hülfsmittel zu einer zukünftigen Beantwortung dieser grossen Fragen werde ich in Kürze noch einige andere Beobachtungen hier besprechen.

Cometen.

Es gibt an dem Himmel Gestirne, welche unter gewissen Bedingungen einigen unter den Nebelflecken sehr ähnlich werden. In bestimmten Lagen in ihrer Bahn erscheinen einige der Cometen als runde dunstförmige Massen, so dass sie nur durch ihre Bewegung, nicht durch ihr Ansehen, von Nebeln unterschieden werden. Zeigt diese gelegentlich zu bemerkende Aehnlichkeit im Allgemeinen auch eine Aehnlichkeit in der Natur der beiden Körper an? Wenn das der Fall ist, — wenn die Cometen-Materie der der Nebelflecke für ähnlich zu halten ist, so wird das Studium der wunderbaren Veränderungen, welche Cometen in der Nachbarschaft der Sonne erleiden, eine sehr nützliche Anleitung für eine correctere Ansicht von dem Bau und dem Verhältnisse der Nebelflecke liefern. Im Jahre 1864 fand Donati, dass das Spectrum eines in jenem Jahre erschienenen Cometen aus hellen Linien bestehe.

Im Januar 1866 war ein kleiner telescopischer

Comet sichtbar. Sein Aussehen in einem starken Telescop ist durch die Abbildung (Fig. 17) wiedergegeben. Er erschien als eine fast kreisrunde, sehr blasse dunstartige Masse. Nahe dem Centrum war ein kleiner und ziemlich trüber Kern zu bemerken. Wurde dieses Object mit dem Spectroscope betrachtet, so waren zwei Spectra zu unterscheiden. Ein sehr blasses continuirliches Spectrum der Coma verrieth seinen Ursprung von reflectirtem Sonnenlichte. Gegen die Mitte dieses schwachen Spectrums sah man einen glänzenden Punkt. Der letztere war das Spectrum des Kerns und zeigte, dass sein Licht von dem der Coma verschieden sei. Die kurze helle Linie zeigte an, dass der Kern dieses Cometen selbstleuchtend sei; und ferner, die Lage dieser Linie in dem Spectrum verrieth, dass die Materie des Cometen derjenigen, aus welcher die gasartigen Nebel bestehen, ähnlich sei. Weil das Spectrum des Lichtes der Coma von dem aus dem Kerne ausgestrahlten sich unterscheidet, ist offenbar, dass der Kern nicht die Quelle für das Licht ist, durch welches die Coma uns sichtbar wird. Es ist nicht wahrscheinlich, dass Materie in dem Zustande äusserster Verdünnung und Ausbreitung, wie wir an der der Coma und der Cometen-Schweife wahrnehmen, einen Hitzegrad bewahren kann, wie er für das Glühen von fester und flüssiger Materie nöthig ist. Die Coma muss deshalb Licht reflectiren, welches sie von aussen erhalten hat, und die einzige hier in Betracht kommende Lichtquelle für dieses fremde Licht ist die Sonne. Diese Schlussfolgerung ist in Uebereinstimmung mit dem Ergebniss

der Beobachtungen über Polarisation des Lichtes der Schweife von einigen Cometen.

Wir wissen aus den Beobachtungen, dass Coma und Schweif der Cometen aus derselben Materie, welche im Kern enthalten ist, gebildet sind. Der gewöhnliche Verlauf der Erscheinungen, welche die Bildung eines Schweifes begleiten, scheint der folgende zu sein. Von dem Kerne wird in Intervallen in der Richtung zur Sonne Materie ausgeworfen. Diese Materie ordnet sich nicht sogleich zu einem Schweife, gewöhnlich bildet sie vor dem Kern eine starkleuchtende Wolke, durch welche, während einer gewissen Zeit, die Materie des Kernes durchzuströmen fortfährt. Man sieht auf diese Art eine Reihe von Einhüllungen oder Schichten entstehen, deren Inhalt sich später in einer zur Sonne entgegengesetzten Richtung zerstreuet und so endlich den Schweif bildet. Gewöhnlich sieht man zwischen den Schichten Räume von dunklerer Farbe.

Wenn sonach die Materie des Kerns fähig ist, durch Verdichtung ein wolkenähnliches Gebilde (von allerdings äusserster Dünnheit und Ausbreitung) hervorzubringen, so muss ein Zwischenzustand existiren, in welchem diese Materie aufhört, selbstleuchtend zu sein, obwohl noch immer in gasartigem Zustande bleibend, und fortfährt, ein wenig Licht zurückzuwerfen. Von einem solchen Zustande des Nichtleuchtens und Durchsichtigseins der Cometen-Materie mögen wohl einige der dunklen Zwischenräume herrühren, welche bei manchen Cometen den Kern und die verschiedenen wolkenförmigen Hüllen von einander trennen.

Messung des innern Glanzes der Nebelflecke.

Es scheint mir, dass Beobachtungen anderer Art uns noch weitere Aufschlüsse über die Natur der Nebelflecke zu geben vermögen. Wenn nämlich wirklich physische Aenderungen von solcher Grösse, wie die Verwandlung dieser gasartigen Körper in Sonnen, in den Nebelflecken vor sich gehen, so wird eine solche Entwicklung sicherlich von auffallenden Aenderungen in der Helligkeit ihres inneren Lichtes und ihrer Dimensionen begleitet sein [1].

Unter dieser Voraussetzung wird es, da das Spectroscop uns diese Körper als zusammenhängende Gas-Masse hat erkennen lassen, möglich, ein angenähertes Maass für ihren wirklichen Glanz zu erhalten. Man weiss überdiess, dass, so lange ein entfernter Körper merkliche Dimensionen behält, seine Helligkeit unbeeinflusst bleibt. Durch eine neue photometrische Methode habe ich gefunden, dass die innere Helligkeit des Lichtes von drei gasartigen Nebeln, wenn man das Licht einer Spermaceti-Kerze, welche stündlich 158 Gran verzehrt, zur Einheit nimmt, die folgende ist

Nebelfleck Nr. 4628 . . .	$\frac{1}{1508}$	von der Intensität der Kerze
Ringförmiger Nebel d. Leier	$\frac{1}{6032}$	» » » » »
Dumb-bell-Nebel	$\frac{1}{19604}$	» » » » »

---

[1] Innere Helligkeit bedeutet hier die Lichtmenge, welche eine gleichmässig helle Fläche von bestimmter Ausdehnung, im Vergleiche zu andern Lichtquellen von derselben Ausdehnung zeigt. Anmkg. des Uebersetzers.

Diese Zahlen stellen nicht bloss die scheinbare Helligkeit vor, sondern auch die wirkliche Helligkeit der leuchtenden Körper, vorausgesetzt jedoch, dass nicht etwa der Weltenraum ein Extinctions-Vermögen für das Licht besitzt.

Die photometrischen Bestimmungen wurden in der folgenden Weise angestellt: Eine Spermaceti-Kerze hinter einem dunklen Plan-Parallel-Glas, welches das durchgehende Licht auf $^{1}/_{377}$ seines Betrages abschwächte, war auf dem Dache eines Hauses in 402 Meter Entfernung vom Observatorium aufgestellt. Mittels Diaphragmen vor dem Objectiv des Fernrohrs und dunkler Gläser von bestimmter Dicke vor dem Auge, wurde das Licht der Nebel mit dem der Flamme verglichen. Die Beobachtungen wurden in mehreren aufeinander folgenden Nächten angestellt; die angegebenen Zahlen können offenbar nur als Annäherungen gelten.

Was das Extinctions- oder Absorptions-Vermögen des Weltenraums betrifft, so mag hier Folgendes Erwähnung finden.

Im Jahre 1744 wurde Chézeaux durch theoretische Speculationen zu der Ansicht gebracht, dass das Licht auf seinem Wege durch den Weltenraum nach und nach ausgelöscht wird. Nach einer ähnlichen Betrachtung nimmt Olbers, im J. 1823, an, dass das Licht eines Sternes bei dem Durchgange durch einen Raum, gleich dem zwischen dem Sirius und der Sonne, $^{1}/_{800}$ von seiner Helligkeit einbüsst.

Der ältere Struve nimmt, als eine Folgerung aus W. Herschel's Untersuchungen der Milchstrasse, an, dass ein Stern sechster Grösse $^{7}/_{100}$, ein Stern der

neunten Grösse $^{29}/_{100}$, und der kleinste der in dem Telescope von W. Herschel sichtbaren Sterne $^{88}/_{100}$ von seiner ursprünglichen Helligkeit verliert (*Etudes d'Astronomie stellaire*).

Die Grundlage der Betrachtung, welche Struve zu dieser Annahme führte, war die, dass die Entfernungen der Sterne von unserem Systeme ihrem Glanze umgekehrt proportional seien. Seitdem man jedoch bemerkt, dass die Sterne, welche nach den Beobachtungen die grösste Parallaxe haben, 61 *Cygni* und *α Centauri*, weniger hell sind, als andere Sterne, welche keine Parallaxe verrathen, oder doch eine viel kleinere Parallaxe haben (ohne noch auf den als Ausnahme zu betrachtenden Fall, die grosse Ungleichheit des Glanzes bei einigen Binärsystemen, Rücksicht zu nehmen), ist jene Hypothese, welche den scheinbaren Glanz der Sterne nur von ihrer Entfernung abhängen lässt, in denjenigen Fällen, wo man sie mit den Beobachtungen verglichen hat, nicht zutreffend gefunden worden.

In Wirklichkeit fehlt es uns an jeder Kenntniss über den Verlust, welchen das Licht der Nebelflecke bei seinem Durchgange durch den Weltenraum und durch die Atmosphäre erleiden kann.

Wir haben jedoch Gründe zu der Annahme, dass das Licht der gasartigen Nebel, bevor es zum Auge des Beobachters gelangt, einen geringeren Verlust erleidet, als das Licht von einem Sterne derselben Helligkeit und derselben Entfernung. Eie Nebelfleck dieser Classe sendet Licht von einem, zwei oder drei verschiedenen Graden von Brechbarkeit, welche nahe

der Mitte des sichtbaren Spectrums entsprechen. Das Sternlicht umfasst alle Farben des Spectrums.

Die Beobachtungen am Sonnen-Spectrum, wenn die Sonne dem Horizont nahe ist, zeigen, dass die grössere Absorption, welche das Licht auf seinem grössern Wege durch die Atmosphäre erleidet, vorwiegend Gruppen von Linien vom äussersten Roth bis etwas über die Fraunhofer'sche Linie D hinaus hervorbringt, und es ist gewiss, dass das grünbläuliche Licht der gasartigen Nebelflecke nicht durch diese atmosphärische Absorption beeinflusst wird.

Ausser der Absorption für besonderes Licht, welche wahrscheinlich, wenigstens zu einem Theile, durch Wasserdampf hervorgebracht wird, scheint die Atmosphäre noch eine Absorption von allgemeinerem Character auszuüben. Unsere Beobachtung des während der Verfinsterung vom 4. October 1865 vom Monde reflectirten Lichtes, im Verein mit anderen Erscheinungen beweist, dass das Licht vom mittleren Theile des Spectrums, wie das der gasartigen Nebel, weniger stark absorbirt wird, als die Farben Blau und Violett.

In Beziehung auf den Theil des Lichtverlustes der Himmelskörper, welchen unsere Atmosphäre verursacht, dürfen wir also annehmen, dass das ganz oder beinahe monochromatische Licht der gasartigen Nebel weniger vermindert und abgeschwächt wird, als das Licht eines Sterns.

Es ist einleuchtend, dass Messungen, wie die obigen, wenn sie nach beträchtlichen Zeitintervallen wiederholt würden, uns zeigen könnten, ob das Licht jener Gestirne eine Abnahme, oder einen Zuwachs er-

leidet, oder periodischen Aenderungen unterworfen ist. Wenn der Dumb-Bell-Nebel, dessen schwaches Licht kaum $^{1}/_{20000}$ des Lichtes einer Kerze übersteigt, nach der populär gewordenen Ansicht ein Sonnen-Keim ist, so kann man sich kaum eine Vorstellung davon machen, wie unzählige Male das Licht vermehrt werden müsste, bis dieser blasse Nebel mit dem blendenden Glanze unserer Sonne im Vergleich treten könnte.

Messungen von Nebelflecken.

Einige Nebelflecke sind hinreichend scharf begrenzt, um eine genaue Messung ihrer Dimensionen zu gestatten. Mittelst Reihen von mikrometrischen Beobachtungen wird sich bestimmen lassen, ob bei den Nebeln eine beträchtliche Aenderung im Durchmesser vorkommt.

Es giebt einige planetarische Nebel, welche ein Gas-Spectrum und in Telescopen von mässiger Vergrösserung eine für Mikrometer-Messungen hinreichend scharf begrenzte Scheibe zeigen. Messungen dieser Nebel werden mit zukünftigen Messungen, welche mit Telescopen von ähnlicher Kraft angestellt sein müssen, zu vergleichen sein.

Vor einiger Zeit bat ich Dawes, Messungen der Diameter von einigen dieser Objecte anzustellen. Kränklichkeit hat ihm leider nicht erlaubt, mehr als den einen Nebelfleck Nr. 4234, 5 Σ zu messen. Dawes schreibt mir darüber: „Hell, aber unvollkommen begrenzt, gleicht der Nebelfleck dem Kopfe mancher Cometen. Der Mond war dem Horizont nahe; doch fand ich, dass ich besser auf seine wirklichen Grenzen

4*

mit starken, als mit schwachen Vergrösserungen einstellen konnte. Der Nebelfleck schien zuweilen gegen die Ränder zu verschwinden und von einer Art rundem Halo umgeben zu sein, welcher nicht überall von dem leuchtenden Centrum deutlich getrennt ist. Ich erhielt vier Reihen von Messungen des dem Aequator parallelen Durchmessers, aber ich halte ausserdem die Gestalt für elliptisch und den dem Aequator parallelen Durchmesser für den grössern."

Mittel aus drei starken Vergrösserungen: Durchmesser = 15",9

Messungen dieses Nebels durch andere Beobachter:

1833	Durchmesser	= 8"	(Sir John Herschel)
1856 im März	»	= 9"	(d'Arrest)
1856 » Juni	»	= 8"	(d'Arrest)
1864 im August	»	= 9"6	(Schultz)

Im November und December 1865 habe ich mit der grössten Sorgfalt den gasartigen Nebel 73 H. IV gemessen. Ich wendete einen hellen Faden in dunklem Felde an. Das Mittel für den Durchmesser in Rectascension ergab 30",8.

Frühere Messungen dieses Nebels haben ergeben:

1833 Durchmesser in Rectascension 45",5 (Sir J. Herschel)
1864 » » » 0',4 (Schultz).

Meteore.

Neuerdings ist es Alexander Herschel gelungen, eine andere Classe von Himmelskörpern der Untersuchung mit dem Prisma zu unterwerfen. Er erhielt das Spectrum von einem hellen Meteor und auch die Spectra von einigen der Schweife, welche Meteore hinter sich lassen. Ein merkwürdiges Ergebniss dieser

Beobachtungen scheint zu sein, dass Natrium in dem Zustande von leuchtendem Dampfe in den Schweifen der Meteore vorhanden ist.

SCHLUSS-FOLGERUNGEN.

Schliesslich können die neuen Kenntnisse, welche durch diese Beobachtungen mit dem Prisma gewonnen sind, in Folgendem aufgezählt werden.

1. Alle helleren Sterne, wenigstens die glänzendsten, haben eine ähnliche Beschaffenheit, wie die Sonne.

2. Die Sterne enthalten elementare Stoffe, welche sie mit der Sonne und der Erde gemeinschaftlich haben.

3. Die Farben der Sterne haben ihren Ursprung in der chemischen Zusammensetzung der die Sterne umgebenden Atmosphären.

4. Die Veränderungen in dem Glanze einiger Sterne sind von einer Aenderung der Absorptions-Streifen ihrer Spectren begleitet.

5. Die Erscheinungen, welche der Stern in der *Krone* zeigt, scheinen anzudeuten, dass grosse Veränderungen, wenigstens in der physischen Beschaffenheit dieses Gestirns vor sich gehen.

6. Es gibt am Himmel wirkliche Nebel: diese Gestirne bestehen aus einem leuchtenden Gas.

7. Die Materie der Cometen ist der der Nebelflecke sehr ähnlich und vielleicht mit derselben identisch.

8. Die in den Sternhaufen vorkommenden glän-

zenden Punkte sind nicht in allen Fällen Sterne derselben Natur, wie die isolirt stehenden Sterne.

Man kann nun fragen, welche kosmische Theorie von dem Ursprung und den Beziehungen der Himmelskörper aus den neugewonnenen Thatsachen herzuleiten seien; aber es scheint mir zu wenig philosophisch, sogleich über einen Gegenstand zu urtheilen, von welchem wir bis jetzt noch so wenig wissen. Unsere Ansicht über das Ganze, wie über die Einzelnheiten des Universums erleiden fast täglich bedeutende Aenderungen: so müssen wir denn die Geduld haben, mit einem von allen vorgefassten Meinungen freien Geiste neue Thatsachen abzuwarten, und folglich immer bereit sein, die deutlichen Lehren aus den Thatsachen anzunehmen, welche uns die neuen Beobachtungen an die Hand geben. Stern unterscheidet sich von Stern in seinem Glanze, jeder Nebel und jeder Sternhaufe hat seine besondere Zusammensetzung; zweifellos hat sie der Schöpfer mit Weisheit für einen des höchsten Wesens würdigen Zweck eingerichtet.

ZUSÄTZE DES UEBERSETZERS.

Gemeinfassliche Darstellung des Fundamentalsatzes über Absorption und Emission.

Jeder Körper absorbirt Strahlen gerade derjenigen Farbe, welche er im Zustande des Leuchtens emittirt haben würde. Diesen Hauptsatz der Spectral-Analyse über das Verhältniss von Emission und Absorption hat Kirchhoff mathematisch bewiesen, aber mit Hülfe höherer Rechnungen, mit denen nur der Fachgelehrte vertraut genug ist. Der Schlüssel zu einem populären Verständniss findet sich auf dem Gebiete der Akustik. Dem Leser ist schon bekannt, dass sowohl Schall als Licht auf Schwingungen beruhen, deren Wellen bei dem Schall durch die Luft und die Theilchen der leitenden Körper, bei dem Licht durch den Lichtäther fortgepflanzt werden. Da der Lichtäther nun ein unvergleichlich feineres Medium ist, als die Luft, so sind seine Schwingungen nirgends unmittelbar als solche zu erkennen, und es hat daher selbst den Koryphäen auf diesem Gebiete sehr grosse Anstrengungen gekostet, die Natur des Lichtes im Wesentlichen festzustellen.

Die analoge Natur der akustischen Erscheinungen ist viel greifbarerer Art; diese Analogie ist daher häufig sehr geeignet, optische Vorgänge zum Verständniss zu bringen.

Leicht und häufig zu machen, daher auch allgemein bekannt, ist die Erfahrung, dass elastische Körper bei Tönen von einer gewissen Höhe fühlbar vibriren, Glasscheiben z. B. bei gewissen Tönen der Orgel, während für andere Tonhöhen, selbst bei grösserer Stärke des Tons, der Körper in Ruhe bleibt. Die Tonhöhe hängt nun bekanntlich von der Anzahl der Schwingungen ab, die in einer Secunde gemacht werden, also auch von der Schwingungsdauer, und wir sehen, dass der elastische Körper, gerade wie eine gespannte Claviersaite oder ein Pendel von bestimmter Länge, nur Schwingungen von bestimmter Dauer eingeht. Diese Vibrationen entsprechen nun aber einem bestimmten Quantum von lebendiger Kraft, welches der Wellenbewegung der Tonquelle entzogen wird, mit anderen Worten, die Schwingungsbewegungen oder Amplitüden der Tonwellen, sind auf ihrem weiteren Wege jenem Verluste von lebendiger Kraft entsprechend abgeschwächt, oder wohl ganz aufgehoben; es hat eine theilweise oder gänzliche Absorption stattgefunden. Die Absorption wird so lange bestehen, als ihre Ursache fortdauert, die Uebertragung lebendiger Kraft von der Tonwelle auf den elastischen festen Körper, d. h. sie wird aufhören, wenn dieser selbst eine Tonquelle von einer bestimmten Intensität wird. Die Schwingungen können aber in diesem Falle, wo der elastische Körper Wellen emittirt, keine andere Oscillationsdauer haben, als wo

er absorbirt. Bei völliger Freiheit zur Ausführung dieser Schwingungen wird der Körper einen reinen Ton geben; dieser wird aber unrein und artet zu einem Geräusch oder Klirren aus, wenn durch Druck oder Temperatur-Erhöhung die Spannung der Theilchen des Körpers vermehrt wird. Bei möglichst geringer Spannung wird daher einundderselbe bestimmte Ton emittirt, beziehungsweise absorbirt, ein nächst benachbarter Ton dagegen schon nicht mehr, da der Körper dessen Schwingungen weder spontan annehmen, noch sich übertragen lassen kann, in diesem Falle daher auch kein Verlust der Welle an lebendiger Kraft stattfindet. Völlig Analoges, mit einzelnen ganz unwesenlichen Modificationen, tritt nun bei den Lichtwellen ein. Gibt man einem Körper möglichste Freiheit seiner Theilchen, indem man ihn zu einem Gase von geringer Spannung verflüchtigt, so wird das Gas immer nur Oscillationen von ganz bestimmter Schwingungsdauer eingehen. Diese dem Gase möglichen Schwingungszeiten hängen von der Beschaffenheit und Gruppirung seiner Theilchen, also von dessen chemischer Natur ab. Nach der Schwingungsdauer richtet sich die Farbe; es werden durch das Gas demnach ganz bestimmte Farben emittirt oder absorbirt, je nachdem das Gas leuchtet oder nicht. In beiden Fällen aber sind die Farben dieselben. Bei geringster Spannung des Gases sind die Farben ganz rein, ohne Uebergang zu den benachbarten Farben; es erscheinen dann diese vom Gase emittirten Farben in scharfbegrenzten hellen Linien, die von einander getrennt sind, d. h. es erscheint ein Spectrum 2. Ordnung, wie auf Seite 8 erwähnt wurde.

Im Fall des Nichtleuchtens in diesen Farben oder der Absorption erscheinen dieselben Linien um so dunkler, je grösser die Amplitude der Schwingungen und die Intensität, mit der das Gas in denselben zu leuchten vermag. Wird die Spannung des Gases grösser gemacht, sei es durch Druck- oder durch Temperatursteigerung, so wird, wie oben, bei dem akustischen Vorgange der Ton, hier die Farbe unrein, indem die Spectral-Linien breiter werden, zu mehr oder minder verwaschenem Banden sich erweitern; bei noch weiterer Steigerung der Spannung schliessen sich die Banden aneinander ohne Zwischenraum an, d. h. es entsteht ein Spectrum 1. Ordnung, wie es auch feste undurchsichtige Körper zeigen. Dieses Verhalten der Gas-Spectra ist von Wüllner, dann von Frankland und Lockyer durch Versuche nachgewiesen. Die Theilchen eines festen undurchsichtigen Körpers zeigen deshalb ein continuirliches Spectrum, weil ihre gegenseitige Spannung reine Schwingungen von der ihrer chemischen Beschaffenheit entsprechenden Dauer nicht zulässt. Aus diesem Grunde gestaltet sich bei ihnen die Emission und die Absorption so, dass das Leuchten mit Lebhaftigkeit in allen Farben geschieht, die Absorption aber ebenfalls, d. h. bis zur Undurchsichtigkeit. Die durchsichtigen festen Körper sind gleichfalls wegen der Spannung ihrer Theilchen ohne elective Absorption oder Emission. Die Durchsichtigkeit ist die Folge des geringen Absorptionsvermögens, aus welchem dann aber auch das geringe Leuchtvermögen solcher Körper mit Nothwendigkeit sich ergibt.

Flüssigkeiten haben eine geringere Spannung ihrer

Theilchen, als die festen Körper, deshalb auch zuweilen, wie z. B. die Lösung von Didym- und Erbium-Salzen, frischem Blutroth, eine Art electiver Absorption, die sich durch ziemlich gut begrenzte Banden im Spectrum kundgibt. Dass für dieselben Farben im glühenden Zustande Emission stattfindet, lässt sich natürlich bei den Flüssigkeiten nicht zeigen, nur sieht man feste Didym- und Erbium-Verbindungen, wenn sie geglüht werden, in diesen Farben mit besonders lebhaftem Glanze leuchten.

Diese Erörterungen über Emission und Absorption und den Einfluss von Druck und Temperatur auf die Breite der Linien des Spectrums werden dazu beitragen, manche in dem Abschnitt über den Bau der Sonne gezogenen Schlüsse besser verstehen zu können.

Verständlich wird auch eine von Huggins an den Nebelflecken gemachte Erfahrung, von welcher Seite 37 die Rede ist, das Vorkommen von nur einer Stickstofflinie bei dem Spectrum des Nebelflecks 37 H. IV im Drachen. Man braucht nur die auch nach anderweitigen Erfahrungen wahrscheinliche Annahme zu machen, der Stickstoff des Nebelflecks stehe unter so geringem Drucke, dass nur eine seiner Spectral-Linien diejenige Breite und Helligkeit erlangt, welche nöthig ist, sie wahrzunehmen.

Noch ein Punkt mag hier eine Erörterung finden. Kirchhoff zieht noch, auf welche Weise, kann hier nicht gezeigt werden, den Schluss, dass alle Körper bei einer und derselben Temperatur für die Farben bis zu einer gewissen Schwingungsdauer zu leuchten beginnen, am frühesten in den Strahlen des äussersten

Roth; bei gesteigerter Temperatur verbreitet sich das Leuchten auch über andere Theile des Spectrums. Nun werden bekanntlich sehr viele, die Mehrheit der festen Körper, Metalle und Erden, erst bei einer Temperatur von einigen Hunderten von Graden leuchtend, andere Stoffe dagegen strahlen schon bei der gewöhnlichen, ja noch niedrigerer Temperatur ein ziemlich lebhaftes Licht aus. Bei manchen durch die Electricität verursachten Lichterscheinungen, wie dem St. Elms-Feuer, oder dem Leuchten des in einer fast luftleer gemachten Glasröhre geschüttelten Quecksilbers, dem Leuchten der Nordlicht-Materie, der Lichtentwicklung gewisser Jod- und anderer Verbindungen, welche im blossen Strahl der electrischen Lampe erregt wird, ist eine merkliche Temperaturerhöhung gewiss nicht vorhanden. Dennoch lässt sich der obige Satz aufrecht erhalten, wenn man annimmt, dass alle Körper schon bei niederer Temperatur leuchten, die meisten jedoch, und wenn nicht besondere Umstände eintreten, alle, mit so ausserordentlich geringer Intensität, dass das Leuchten nicht gemerkt werden kann. Bekanntlich hat das Sonnenlicht, wie das Licht der electrischen Lampe, wegen seines Reichthums an chemischen Strahlen, auf manche Verbindungen einen so mächtigen Einfluss, dass es mehr oder minder schnell die Zersetzung derselben bewirkt. Daher ist es denn gar nicht so sehr überraschend, dass electrisches Licht gerade bei solchen Verbindungen die schon vorhandenen Schwingungen zu einer grösseren Amplitüde steigert, und dass dasselbe auch bei anderen Materien durch Electricität ohne merkliche Erwärmung geschehen kann. Manche Er-

scheinungen am Himmel, wie ausser dem schon genannten Nordlicht, die Lichtentwicklung der Cometen und ihrer Schweife, würden nicht bloss als Räthsel, die sie auch jetzt noch sind, sondern als fast unlösbare Räthsel dastehen, wäre das Leuchtendwerden einzig und allein durch eine Temperatur-Erhöhung bedingt.

Einfluss der räumlichen Bewegung der Sterne auf das Spectrum.

Vor fast drei Jahrzehnten hat Doppler auf gewisse Aenderungen aufmerksam gemacht, welche das Licht der Sterne erleiden muss, wenn dieselben zu unserm Auge in einer ihre Entfernung verändernden relativen Bewegung sind. Es ist in der That leicht zu erkennen, dass, wenn jene Entfernung abnimmt, jede von der Lichtquelle ausgehende Welle oder Erschütterung einen um so kürzeren Weg durch den Aether zu unserm Auge zurück zu legen hat, und demnach auch um so kürzere Zeit unterwegs ist, je später sie von der Lichtquelle ausgesandt wird. In diesem Falle wird also das Zeit-Intervall zwischen dem Eintreffen zweier aufeinander folgender Erschütterungen kürzer sein, als dasjenige, welches zwischen zwei Impulsen der Lichtquelle verfliesst und welches man die Schwingungsdauer der betreffenden Farbe zu nennen pflegt. Wir haben allen Grund zu der Annahme, dass die Farbe, welche unser Auge empfindet, lediglich von der Anzahl von Erschütterungen abhängt,

welche den Sehnerv in einer bestimmten Zeit erreichen; wir werden deshalb eine Farbe von kürzerer Schwingungsdauer wahrnehmen, wenn das Gestirn sich uns nähert; eine von grösserer Schwingungsdauer als der Farbe des Gestirns zukommt, wenn die Entfernung desselben vom Auge im Wachsen begriffen ist. Um das Resultat dieser Betrachtung mit der Erfahrung zu vergleichen, hat man sich der Schallwellen bedient, welche sich in allem Wesentlichen wie die Lichtwellen verhalten, aber durch ihre mässige Geschwindigkeit directe Versuche ermöglichen. Zu solchem Experimente mit den Schallwellen geben die Eisenbahnen vielfache Gelegenheit, z. B. wenn eine Locomotive pfeifend an uns vorüberfährt. Wir nehmen dann jedesmal in dem Momente, in welchem die Pfeife uns am nächsten ist, also ihre Annäherung rasch in das Gegentheil übergeht, ein sehr merkliches Sinken des Tones wahr, welches um so plötzlicher und bedeutender ist, je grösser die Geschwindigkeit des Vorbeifahrens ist.

Doppler wollte aus dem eben genannten Prinzip die Farben mancher Sterne erklären, welche Anwendung aber, gewiss mit Recht, viel weniger Beifall gefunden hat, als das Prinzip selbst. Abgesehen nämlich davon, dass bei den Sternen keine Geschwindigkeiten von so enormer Grösse vorkommen, als für solche Erklärung nöthig wären, ist auch noch zu bemerken, dass solche Geschwindigkeiten nur bei monochromatischen, wenigstens nicht weissen Lichtquellen, eine Aenderung der wahrzunehmenden Farbe hervorbringen könnten. Nehmen wir z. B. an, die Geschwindigkeit eines weisses Licht aussendenden Sternes sei gross ge-

nung, um sein Roth für uns in Orange, sein Orange in Gelb u. s. w., sein Violett endlich in das unserem Gesichtsinne nicht wahrnehmbare Ultra-Violett zu verwandeln, so würde demnach, da das verschwundene Roth durch die Bewegung aus dem Ultra-Roth wieder hergestellt wird, das verwandelte Spectrum wieder aus denselben Farben bestehen, wie das ursprüngliche, und wir würden ohne Prisma den Anblick eines weissen Sternes haben.

Zu einer fruchtbaren Anwendung des Doppler-schen Prinzips bietet die Untersuchung der Spectrallinien Gelegenheit, nachdem in dieser Richtung auch die Technik so erstaunliche Fortschritte gemacht hat. Aus dem Vorhergehenden wird man den Schluss ziehen, dass durch die Bewegung der Sterne die Linien des Spectrums ihre Lage zu den Farben ändern. Wenn durch eine hinreichend grosse Geschwindigkeit der Annäherung das Gelb bei der Doppel-Linie D in Blau verwandelt würde, so würde nach einer einfachen Betrachtung die Doppel-Linie D nun in Blau, statt in Gelb zum Vorschein kommen, und man würde aus der Grösse dieser Verschiebung die Geschwindigkeit der Bewegung ableiten können. Die ursprüngliche Lage der Linie, wie sie der Geschwindigkeit Null entspricht, wird scharf durch ein gleichzeitig betrachtetes irdisches Spectrum angegeben werden.

In neuerer Zeit hat Huggins mit einem weit stärkern Apparate, als der bei der Spectral-Analyse der Himmelskörper von ihm angewandte war, eine praktische Ausführung der eben erklärten Idee versucht. (Siehe Philosophical Magazine, Nr. 240. July 1868.)

Erst nach grossem Aufwande an Mitteln ist es Huggins in neuester Zeit geglückt, an einer gut mit dem irdischen Wasserstoff-Spectrum vergleichbaren Linie des Sirius, welche wie noch andere Linien dem Wasserstoff der Sirius-Atmosphäre ihr Dasein verdankt, eine merkliche Verschiebung nach dem rothen Ende des Spectrums zu constatiren. Sirius entfernte sich hiernach von der Erde und zwar, wie leicht nach den angegebenem Prinzipe aus der gemessenen Grösse der Verschiebung berechnet werden konnte, mit einer Geschwindigkeit von 41,4 engl. Meilen in der Secunde. Befreiet man diese Zahl von dem zur Zeit der Beobachtung stattfindenden Einfluss der Bewegung der Erde um die Sonne, so findet sich, dass die Entfernung des Sirius von unserem Sonnen-System in jeder Secunde um 29,4 engl. Meilen zunimmt. Später sind Huggins derartige Messungen noch an anderen Sternen gelungen, z. B. an Wega und Arcturus, welche letztere sich mit bedeutender Geschwindigkeit der Sonne nähern. Auch auf der Privat-Sternwarte des Herrn v. Bülow zu Bothkamp in Schleswig-Holstein, sind von Dr. Vogel Messungen der Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie gemacht worden, durch welche die Huggins'schen Resultate Bestätigung finden.

Ueber den Bau der Sonne.

Als Huggins die ersten Resultate seiner Untersuchungen veröffentlichte, waren gewisse Erscheinungen,

welche die Anwendung des Spectroscopes an der Sonne hervortreten lässt, noch nicht bekannt. Es gebührt daher dem Tagesgestirn noch ein besonderes Kapitel.

Der Leser weiss, dass die Sonnen-Oberfläche dem bewaffneten Auge nicht als eine gleichmässig erleuchtete Scheibe erscheint, vielmehr meistens einige, und zu manchen Zeiten recht zahlreiche Trübungen zeigt. Diese unter dem Namen der Sonnenflecken bekannten Gebilde (Fig. 19), in denen man meist Kernfleck und Hof oder Penumbra unterscheidet, haben in ihrer Nachbarschaft gewöhnlich Stellen, an welchen die Leuchtkraft der Photosphäre, des glänzenden Theils der Sonnen-Oberfläche, erhöhet erscheint; es sind dies die sogenannten Sonnenfackeln. Zum besseren Verständniss des Nachfolgenden mag nun gleich hier bemerkt werden, dass man sich auch die Kernflecke keineswegs als aller Leuchtkraft entbehrend vorstellen darf. Zoellner hat durch photometrische Untersuchungen gefunden, dass ein Kernfleck doch immer 400000-mal so viel Licht ausstrahlt als eine gleich grosse Fläche des Vollmondes.

Bis in die neuere Zeit bildete die Beobachtung der Flecken und gewisser bei totalen Sonnenfinsternissen auftretenden Erscheinungen die einzige Grundlage für Erforschung der Natur der Sonne. Die älteste Ansicht über diesen Gegenstand hat Galilei ausgesprochen, der die Sonnenflecken für in der glühenden Atmosphäre der Sonne schwebende Wolken erklärte. Verdrängt wurde diese Ansicht für lange Zeit durch die Theorie Wilson's, welche durch William Herschel ein wenig weiter ausgebauet worden ist. Hiernach wird

das Aussehen der Sonnenflecke durch trichterartige Vertiefungen in der den dunklen Sonnen-Körper bedeckenden leuchtenden Schicht hervorgebracht. Der Hof des Flecks sind die Wände des Trichters, der Kernfleck ein Theil des blossgelegten eigentlichen Sonnenkörpers. Die Wilson-Herschel'sche Ansicht schien in der oft zu machenden Wahrnehmung eine Stütze zu finden, dass der einen Kernfleck umgebende Hof auf der Seite des Sonnen-Randes, dem er sich nähert, allmälig breiter, auf der entgegengesetzten Seite aber schmäler wird, wie es die Perspective eines nach dem Sonnen-Centrum zu verengten Trichters verlangt. Die leuchtende Materie der Photosphäre hielt Herschel für verwandt oder identisch mit der des Nordlichtes.

In der Wilson-Herschel'schen Theorie zeigte sich eine grosse Lücke, als man die bei totalen Sonnenfinsternissen auftretenden Erscheinungen genauer studirte. Bei solchen Gelegenheiten scheinen aus dem Rande des die Sonne verdeckenden Mondes jene rosenfarbenen Flammen hervorzubrechen, die man Protuberanzen nennt (Fig. 18). Den Fuss der Protuberanzen verbindet ein rosarother Bogen, welchen man unter günstigen Umständen über eine weite Strecke des Mond-Randes verfolgen kann. Man hat sich durch Messungen und durch von Zeit zu Zeit aufgenommene Photographien überzeugt, dass die Protuberanzen und der genannte Bogen an der Bewegung des Mondes nicht Theil nehmen, sondern der Sonne angehören. Die rosafarbene Schicht, von der während der totalen Verfinsterung ein theilweiser Durchschnitt sichtbar wird, und die, wie man anzunehmen berechtigt ist, die Photosphäre

der Sonne einhüllt, und aus welcher die Protuberanzen hervorragen, wird Chromosphäre genannt.

Noch überraschender fast als das der Protuberanzen, ist das Hervortreten der Corona, eines grünlich-weissen Strahlenkranzes von beträchtlichem Durchmesser, welcher den Mond während der Totalität zu umgeben scheint, und aus welchem hier und da Lichtbüschel von grösserem Glanze hervorragen (s. Fig. 18).

Hatte hiernach der Bau der Sonne sich zusammengesetzter gezeigt, als man gedacht, und waren zu den alten noch neue Räthsel hinzugekommen, so blieb nun der Spectral-Analyse der Erfolg vorbehalten, über die Natur der einzelnen Schichten der Sonne, und in Folge dessen über das Ganze einige Aufschlüsse zu geben.

Wird ein Spectroscop auf die Sonnen-Scheibe gerichtet, so treten die bekannten dunklen Linien auf, welche mit denen der meisten Fixsterne im Wesentlichen übereinstimmen, wenn auch jeder Stern dabei wiederum seine Eigenthümlichkeiten hat. Man bemerkt das von Huggins auf Seite 9 characterisirte Spectrum dritter Ordnung. Der dort gemachte Schluss bedarf jetzt aber noch einer Modification. Wüllner, Frankland und Lockyer haben nämlich die Entdeckung gemacht, dass ein Spectrum zweiter Ordnung in eines der ersten Ordnung übergeht, wenn das glühende Gas einem höheren Drucke ausgesetzt wird. Das Spectrum erster Ordnung darf also nicht mehr als characteristisch für eine feste Lichtquelle angesehen werden. Es treten dunkle Linien in demselben auf, d. h. es wird zu einem Spectrum dritter Ordnung, wenn die Strahlen der Lichtquelle eine absorbirende Schicht zu durchlaufen haben.

Es kann hiernach die leuchtende Sonnen-Oberfläche ebensowohl einem glühenden festen Körper angehören, als auch die Leuchtkraft einer glühenden Gasschicht zugeschrieben werden kann. Letztere Auslegung scheint, in Anbetracht, dass die notorisch ausserordentlich hohe Temperatur der Sonne für viele Metalle nur den gasförmigen Aggregatzustand gestattet, den Vorzug zu verdienen. Manche Astronomen gehen sogar so weit, die ganze Sonne für gasförmig zu erklären. Doch erscheint dies aus mehreren Gründen sehr bedenklich und kaum zulässig. Unter Anderem steht die Erfahrung entgegen, dass die Sonnenflecke an bestimmten Oertern der Oberfläche von Neuem sich bilden, nachdem sie zuweilen lange unsichtbar gewesen. Wie liesse bei einem durchaus gasförmigen Sonnenkörper die Neigung der Flecke zu bestimmten Stellen der Oberfläche, nicht bloss zu einer bevorzugten Zone, sich erklären? Diesem und andern Einwürfen begegnet, wer der Sonne einen festen Kern absprechen will; in noch grössere Verlegenheit würde kommen, wer in das andere Extrem verfallend, bei der Sonne eine reich mit Metalldämpfen gefüllte Atmosphäre ableugnen wollte; die unteren, heisseren und dichteren Schichten der Atmosphäre bilden die leuchtende Photosphäre, indem sie Licht emittiren. Druck und hohe Temperatur hat die leuchtenden Linien des Spectrums des glühenden Gases so breit gemacht, dass sie in einander übergehen, und ein continuirliches Spectrum bilden. Die obere kühlere und dünnere Schicht wirkt absorbirend und veranlasst die dunklen Linien, welche im Spectrum der Photosphäre auftreten. Besonders bemerkbar sind die Ab-

sorptions-Linien von Eisen, Natrium, Magnesium und Wasserstoffgas, wie wir dies auch bei andern Sternen, z. B. bei Sirius, gesehen. Ausser den genannten Elementen werden in der Sonne nach Kirchhoff und nach Angström noch vorzugsweise bemerkt: Aluminium, Barium, Calcium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Titan, Zink.

Die spectroscopische Untersuchung der Flecken bietet bei deren häufig erheblicher Ausdehnung keine besondere Schwierigkeit, mehr die Auslegung des äusserst merkwürdigen Spectrums, welches wir deshalb auch erst am Ende dieses Abschnittes besprechen wollen.

Wie es totale Sonnenfinsternisse waren, welche die Existenz der Chromosphäre und der Massen-Anhäufungen chromosphärischer Materie verriethen, als welche man die Protuberanzen betrachten darf, so war es auch bei einer solchen Gelegenheit, der Finsterniss vom 18. August 1868, dass das Spectrum von Chromosphäre und Protuberanzen zum ersten Male erkannt wurde; es war jene die erste totale Sonnenfinsterniss, bei welcher das neue Hülfsmittel des Spectroscops zur Anwendung kommen konnte.

Hierbei zeigte sich nun Folgendes:

In dem Augenblicke, wo der letzte Strahl der Photosphäre hinter dem Mondrande verschwand, nahm das Spectrum einen ganz veränderten Character an; es kam ein aus isolirten hellen Linien bestehendes Spectrum zweiter Ordnung zum Vorschein, wie es durch glühendes Gas bewirkt wird. Ganz besonders glänzend tritt die im Roth liegende Wasserstoff-Linie, der Fraun-

hofer'schen C entsprechend, also deren Umkehrung, in diesem Spectrum auf. Es ist das der Protuberanzen und der Chromosphäre (unter Umständen gemischt mit dem Spectrum der Corona), welches hier zum Vorschein kommt. Die Protuberanzen und die Chromosphäre enthalten also Wasserstoffgas von sehr hoher Temperatur, ausserdem verräth sich aber auch die Anwesenheit von Magnesium, Eisen, Barium und Natrium.

Sehr bald nach der erwähnten Sonnenfinsterniss machten Janssen (dessen anderweitige Verdienste um Spectral-Analyse in der Note Seite 18 Erwähnung finden) und Lockyer den grossen Fortschritt, das Spectrum der Protuberanzen und der Chromosphäre auch ohne totale Sonnenfinsterniss, zu jeder Zeit, wo die Sonne scheint, sichtbar zu machen. Stellt man nemlich das Spectroscop so, dass die C-Linie des Fraunhofer'schen Spectrums zur äusseren Berührung mit dem Sonnenrande gebracht wird, so gelangt durch den Spalt das rothe Licht der Chromosphäre, besonders vertreten durch das brennende Roth der C-Linie, in das Auge, und es kann sogar, indem man den Spalt hinundherführt, die Chromosphäre der betreffenden Stelle des Sonnen-Randes und eine Protuberanz segmentweise aufgenommen werden. Zur Abkürzung einer solchen Aufnahme ist es zulässig, den Spalt zu erweitern, oder nach Zoellner das Hinundherbewegen des Spaltes durch das Schwingen einer Feder besorgen zu lassen, wobei dann eine Protuberanz selbst von mehreren Minuten Ausdehnung mit einem Male übersehen wird. Die auf diesem Wege erhaltenen Zeichnungen von

Protuberanzen haben in ihren sehr abwechselnden Formen grosse Aehnlichkeit mit den Rauch- und Flammen-Säulen unserer Vulkane. Fast immer erscheinen die Protuberanzen in der Nähe von Flecken und den sie begleitenden Fackeln. Man kann dies noch genauer erkennen, seitdem es Secchi gelungen ist, die Protuberanzen nicht bloss am Rande der Sonne, sondern auf der Scheibe selbst sichtbar zu machen. Es verräth sich nemlich hier die Anwesenheit einer Protuberanz dadurch, dass die Fraunhofer'sche Linie C, welche im Allgemeinen sehr stark hervortritt, fast völlig verschwindet, ja wohl gar eine schwach bemerkliche Umkehrung erleidet, Folge des Umstandes, dass die in der Protuberanz so lebhaft leuchtende C-Linie den Effect der Absorption aufzuheben vermag. Es findet nun aber diese Art von Compensation nur in der Nachbarschaft von Flecken oder Fackeln statt. Bei dieser Gelegenheit wird noch ein anderer Umstand bemerkt, welcher zu der Aehnlichkeit der Protuberanzen mit den Erdvulkanen hinsichtlich der Gestalt, eine gewisse andere, die Zusammensetzung betreffende hinzufügt; es treten nemlich die für die Anwesenheit von Wasserdampf characteristischen Gruppen dunkler Linien im Spectrum auf, und es befindet sich daher in der Nähe der Protuberanzen auch Wasserdampf. Dass Bildung von Gewitterwolken die Ausbrüche unserer Vulkane zu begleiten pflegt, ist bekannt. In dem eben erwähnten Umstande verräth sich nun übrigens auch das Vorhandensein von Sauerstoff auf der Sonne, wenigstens in gebundenem Zustande; im freien Zustande, oder mechanisch gemengt mit einem anderen

Gase und bemerkbar für das Spectroscop, scheint er dort nicht vorzukommen.

Von der Chromosphäre muss hier noch Erwähnung

Fig. 18.

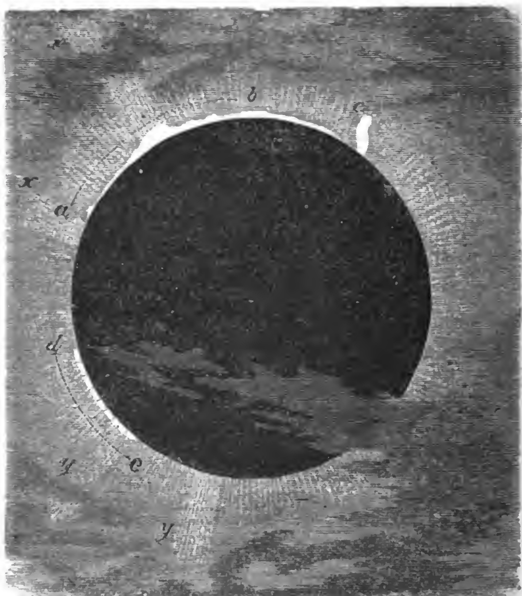
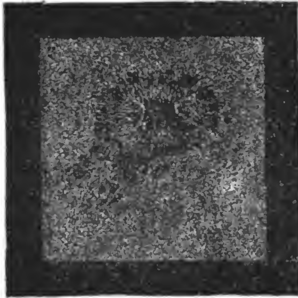


Bild der Sonne während einer totalen Finsterniss.
ab, *de*, hervorragende Theile der Chromosphäre, in Protuberanzen gipfelnd; *c* eine besonders hohe Protuberanz; *x*, *y* glänzende Lichtbüschel der Corona.

finden, dass die hellen Linien derselben pfeilspitzenartig nach dem Sonnen-Spectrum zu verbreitert erscheinen, wenn man sie bei radialer Lage des Spaltes

aufnimmt; es macht sich in dieser Erscheinung die Zunahme von Druck und Temperatur bei abnehmender Höhe geltend. Frankland und Lockyer haben auf diesen Umstand eine Methode zur Bestimmung der Temperatur der Chromosphäre zu gründen gesucht, bis jetzt aber ohne sicheren Erfolg. Eine neueste Be-

Fig. 19.



Ein mit mittelmässiger Vergrösserung gesehener Sonnenfleck.

Fig. 20.



Sonnenfleck bei starker Vergrösserung und darin die Nasmyth'schen Weidenblätter in wirbelnder Bewegung.

stimmung von Zoellner hat eine andere Basis, welche hier nicht gut darstellbar ist; als absolute Temperatur der Sonnen-Oberfläche findet Zoellner 61350° C., doch ist dieselbe nicht an allen Stellen der Oberfläche von gleicher Höhe.

Von dem Ergebniss der spectroscopischen Beobachtungen an den Flecken sollen hier, um dem Leser nicht durch eine zu grosse Menge von Details die Uebersicht zu erschweren, nur die Hauptzüge wiedergegeben werden.

In dem Hofe oder der Penumbra eines Fleckes zeigen sich die Wasserstofflinien des gewöhnlichen Sonnen-Spectrums weniger dunkel als gewöhnlich, fallen auch wohl ganz fort. Der Grund davon ist oben angegeben. Das Spectrum des Kernflecks ist dadurch ganz besonders merkwürdig, dass darin mehrere dunkle Banden und zwischen E und F sechs helle grüne Linien auftreten. Eine solche Zusammensetzung aus hellen Linien und Banden ist nach Secchi den rothen und veränderlichen Sternen eigenthümlich, nur dass der Ort der hellen Linien bei verschiedenen Sternen verschieden ist. Man darf den Schluss ziehen, dass im Innern der Sonnenflecke Gas und Metalldämpfe ähnlicher Art vorhanden sind, wie sie sich bei den rothen veränderlichen Sternen vorfinden, und es gewinnt hiermit auch die bekannte Hypothese sehr an Wahrscheinlichkeit, welche die Veränderlichkeit jener Sterne der zeitweiligen Bildung grosser Flecken auf denselben zuschreibt.

Die Gelegenheit zu Beobachtungen der Corona bleibt nach wie vor noch auf die kurze Zeit der Totalität von Finsternissen beschränkt, wo die hellen Linien des

Spectrums der Corona gemischt mit den von der Chromosphäre und den Protuberanzen herrührenden erscheinen. Die Trennung beider Spectra wird dadurch ermöglicht, dass das der Chromosphäre auch bei anderer Gelegenheit gesehen werden kann. Ueber die Lage der hellen Linien der Corona ist man unter diesen Unständen, der so seltenen Beobachtungsgelegenheit wegen, noch etwas im Unsicheren, deshalb auch in Betreff einiger Identitäten mit anderen Spectren, die man vermuthet. Eine Linie im Grün, ganz nahe der Stelle von E im Sonnen-Spectrum, scheint mit einer der hellen Linien des Nordlicht-Spectrums übereinzustimmen. Vielleicht also bewahrheitet sich wenigstens für die Corona diejenige Ansicht, welche sich William Herschel über die Natur der Photosphäre gebildet hatte.

In dem Vorgehenden glaube ich die bemerkenswerthesten Thatsachen angeführt zu haben, welche die Spectral-Analyse an der Sonne hat erkennen lassen. Zum Verständniss des Folgenden muss ich noch Etwas nachholen, was ohne Hülfe des Spectroscopes, mit kraftvollen Fernröhren gefunden worden ist. Durch solche, und bei ruhiger, günstiger Luft betrachtet, erscheint die Photosphäre nirgends gleichmässig, sondern zeigt eine Granulation, als wäre dieselbe mit leuchtenden Reiskörnern bedeckt. In dem Hofe von Flecken macht diese Granulation, weniger dicht, den Eindruck, als wären leuchtende Weidenblätter ausgestreuet; nach ihrem Entdecker nennt man diese Gebilde die Nasmyth'schen Weidenblätter (s. Fig. 20). Viel länger

schon bekannt sind die rosenrothen Schleier, welche zuweilen das Innere eines Fleckes durchziehen.

Nach diesen Bemerkungen mag der Versuch gewagt werden, aus der Menge der einzelnen Thatsachen und Züge eine Ansicht, ein Bild vom Bau der Sonne zusammenzusetzen. Dieses Bild aber wird dem Leser in dem Grade weniger als ein blosses Phantasieproduct erscheinen, als Aehnlichkeiten mit Bekannten und notorisch Vorhandenen, d. h. mit irdischen Verhältnissen darin zu erkennen sind.

Da wird nun vor Allem eine Aehnlichkeit stark in die Augen springen: die schon oben erwähnte der Protuberanzen mit den Flammen- und Rauchsäulen unserer Vulkane. So verschieden auch in anderer Hinsicht die Meinungen der Gelehrten ausfallen, so ist man darüber einig, dass die Protuberanzen von Eruptionen herrühren. Gewöhnlich sieht man, wenn nicht der Zufall begünstigt, nur das Product der Eruption, die Protuberanz, nicht aber die Eruption selbst; in neuester Zeit sind jedoch Secchi zu Rom und Tacchini zu Palermo Zeugen eines solchen Ausbruchs gewesen. Man hat berechnen können, dass die, hauptsächlich aus glühendem Wasserstoffgas bestehenden, Massen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 500 Kilometer (etwa 70 geogr. Meilen) hervorbrechen und zuweilen Flammensäulen von 60000 Meilen Höhe und mehreren Tausend Meilen Breite bilden. Die Heftigkeit dieser Eruptionen, mit denen verglichen selbst die Ausbrüche des furchtbaren Cotopaxi unbedeutend erscheinen, zeigen, dass das Gas in einem Raume, dessen Wände dem Ausdehnungsbestreben desselben einen mächtigen Widerstand

zu leisten vermochten, eingeschlossen war; es war also keine Gashülle, welche in solcher Weise absperrte, sondern ein fester oder tropfbar flüssiger Körper. Aber auch ein Körper letzterer Art erscheint hierzu nicht recht geeignet. Zoellner nimmt eine sehr zähflüssige geschmolzene Masse, gleichsam ein Mittelding zwischen festen und tropfbar flüssigen Körpern, an. Ob aber nicht doch ein Theil der Sonne als fest angesehen werden muss, um so überaus heftige Eruptionen zu erklären, ist eine Frage der Vulkanologie und wie manche andere vorläufig nicht mit Sicherheit zu beantworten. Es wurde oben schon angedeutet, dass die Neigung mancher Flecken zum Wiederauftauchen an derselben Stelle einen festen Kern des Sonnenkörpers zu verrathen scheint. Da es sehr wohl denkbar ist, dass manche Körper selbst in der grössten Hitze nicht schmelzen, wie wir ja bekanntlich die Kohle nicht feuerflüssig machen können, so darf die hohe Temperatur der Sonne nicht als schlagender Beweis der Abwesenheit eines festen Bestandtheils gelten.

Wie in Folge der Eruptionen Niederschläge entstehen können, ist sehr leicht zu verstehen: die sich befreiende Gasmasse dehnt sich aus, nimmt also einen grösseren Raum ein, als vorher; das Gleiche geschieht mit der Wärme-Menge, welche in ihr enthalten war, und deshalb muss die Temperatur sinken. Durch die Temperatur-Erniedrigung wird ein Theil der Dämpfe niedergeschlagen, und Wolkenbildung veranlasst. In unserer irdischen Meteorologie kennen wir zwei Arten oder Aggregatzustände der Niederschläge, flüssige und feste, die ersteren als Nebel und Wolken, die letzteren

als Schnee, Graupen und Hagel, eine Eisbildung, welche paradoxer Weise gerade an den heissesten Gewittertagen, und überhaupt nur in der warmen Jahreszeit vor sich geht. Gewiss darf man bei den Veränderungen auf der Sonne nicht an Wasser- und Eisbidungen im engsten Sinne des Wortes denken, aber eine Mannichfaltigkeit der Niederschläge wird auch dort vorhanden sein, und wird durch die verschiedenen oben erwähnten Gebilde in Sonnenflecken angedeutet. Kirchhoff selbst, der Erfinder der Spectral-Analyse erklärt, wie einst Galilei, die Flecken für Wolken, welche in der Photosphäre und Gas-Atmosphäre der Sonne schwimmen. Zoellner vertheidigt die Ansicht, dass die Flecken aus Schlacken bestehen. Das Eine schliesst das Andere nicht aus, und beide Ansichten kommen darin überein, die Flecken für Niederschläge zu erklären. Die Nasmyth'schen Weidenblätter, welche den Hof der Sonnenflecken durchziehen, scheinen mit der granulirten Substanz der Photosphäre identisch zu sein, und zwar Theile derselben, welche durch heftige nach dem Flecke gerichtete Strömungen und Wirbelwinde von der Photosphäre losgerissen sind. Die Strömungen sind eine Folge des durch die Eruption gestörten Gleichgewichtes in den Druckverhältnissen, welches sie wiederherzustellen streben. Die Existenz der heftigsten Wirbelwinde in den äusseren Theilen des Flecks verräth sich zuweilen in auffallendster Weise in den spiralförmigen Windungen der den Hof durchziehenden, aus den Weidenblättern zusammengesetzten Lichtfäden und in den raschen Veränderungen im Aussehen des Flecks. Wie die Granulation der Photosphäre entsteht, darüber lässt sich bis

jetzt nichts einigermassen Sicheres sagen, ins Besondere auch nicht, ob der Wasserstoff und die übrigen Bestandtheile der Chromosphäre dabei eine Rôlle spielen. Uebrigens will man bemerkt haben, dass Maxima im Vorkommen der Protuberanzen und Minima im Vorkommen des Magnesiums zusammentreffen, woraus auf eine chemische Wechselwirkung auch zwischen Chromosphäre, der darunter gelagerten absorbirenden Atmosphäre und der Photosphäre geschlossen werden könnte.

Von der Atmosphäre der Erde hat schon der berühmte Mathematiker und Physiker Poisson die Ansicht ausgesprochen, dass dieselbe in ihren höchsten Schichten eine sehr feine Materie von eigenthümlicher Natur enthalte, deren Existenz sich bei Gelegenheit von Sternschnuppen und bei dem Nordlicht verrathe. Dass diese so lange Zeit vor der Entdeckung der Spectral-Analyse aufgestellte Hypothese in allem Wesentlichen mit den jetzt bekannten Thatsachen übereinstimmt, dürfte kaum mehr abgeleugnet werden. Bei der Sonne nun macht sich, wie wir oben sahen, eine solche feinste Atmosphäre durch die Corona ebenfalls bemerklich, ja sogar Verwandtschaft mit dem Nordlicht scheint durch die Spectral-Linien angedeutet. Mit dieser Andeutung aber müssen wir vorläufig uns genügen lassen; die eigentliche Natur der Corona wie des Nordlichtes bleibt dennoch ein Räthsel, dessen Lösung man nicht einmal nahe gekommen zu sein behaupten darf.

Ich habe im Vorgehenden den Versuch gewagt, dem Leser durch Vergleichungen mit irdischen Ver-

hältnissen und Erscheinungen ein anschaulicheres Bild vom Bau der Sonne zu geben. Die Natur des Objects bringt es mit sich, dass das Bild nur aus allgemeinen Umrissen bestehen kann, die noch dazu hier und da etwas unbestimmt gehalten werden mussten. Wo es sich dabei um Fragen der Vulkanologie und der Meteorologie handelte, war eine grössere Bestimmtheit durch die sich darbietenden Analogien ermöglicht; aber auch hier war Vorsicht geboten, da selbst manche irdische Vorkommnisse auf diesen Gebieten noch ihrer definitiven Erklärung harren. Hoffen dürfen wir indessen, das Bild in nicht ferner Zeit bedeutend vervollständigen zu können, da wenige der letzten Jahre ohne eine wichtige Entdeckung vorübergegangen sind.

Ein Nachtrag über B Cassiopeiae.

Nach handschriftlichen Chroniken, welche Cyprian Leovitius, ein Zeitgenosse von Tycho, benutzt hat, und welche Tycho für sehr glaubwürdig erklärte, wären auch in die Jahre 945 und 1264 Erscheinungen eines hellen Sterns in der *Cassiopeia* gefallen; doch da die Quellen verloren gegangen sind, hat man auf diese Angaben, nach denen man (bei einer mittleren Periode von 315 Jahren) eine Wiederkehr des Sterns in sein Maximum für das Jahr 1887 erwarten dürfte, nur geringes Gewicht gelegt. In den letzten Jahren aber ist, wie eine von d'Arrest im Jahre 1862 entworfene genaue Karte jener Gegend, und die sehr sorg-

fältige Reduction der Tychonischen Beobachtungen durch Argelander zeigt, der Stern von 1572 als Stern 10. 11. Grösse wieder sichtbar geworden. An der Identität ist bei der grossen Uebereinstimmung der Oerter schwer zu zweifeln. Es kommt nun noch hinzu, dass Argelander während seiner Wirksamkeit in Abo (1823 bis 1832) mit einem starken Instrumente und unter genauer Kenntniss des Ortes nach dem Sterne gesucht hat, zuletzt noch in Bonn im Jahre 1849, ohne eine Spur davon wahrzunehmen; eine langsame Zunahme der Helligkeit ist hiernach sehr wahrscheinlich. Ich habe in neuester Zeit, an den Abenden vom 9., 11. und 17. August 1868 den Stern aufgesucht, schätze ihn jedoch, im Vergleiche zu mehreren in der Nähe stehenden Sternen 9., 10. Grösse der Bonner Zone, welche in dem von mir gebrauchten 6fussigen Merzschen Fernrohre noch sehr auffallende Erscheinungen sind, nur 11. Grösse. Einer Bemerkung in Mädler's Populärer Astronomie zufolge, soll Rümker im Jahre 1840 an der betreffenden Stelle einen Stern 10. Grösse bemerkt und seine Position mehrmals beobachtet haben, ich habe jedoch in Rümker's Zonen nach einer solchen Position, die sich auf *B Cassiopeiae* beziehen könnte, vergeblich gesucht; es finden sich darin nur benachbarte Sterne. Vorläufig scheint die Thatsache gut constatirt zu sein, dass genau an dem durch Tycho bestimmten Orte des Sterns von 1572 jetzt wieder ein Stern steht, welchen noch einige andere Umstände einer Veränderlichkeit verdächtig machen. Sollte sich die Wiederkehr eines Maximums gegen das Jahr 1887 und somit die vermuthete Periode von 315 Jahren bestätigen,

so würde sich an den Stern noch ein anderes Interesse knüpfen; denn man würde finden, dass seit Christi Geburt, welche nach den Untersuchungen der Chronologen vier Jahre vor Beginn unserer Aera stattfand, bis zum Jahre 1572 fast genau 5 Perioden des Sternes verstrichen sein müssen; es müsste also sehr genau in die Zeit von Christi Geburt ein Maximum des Glanzes gefallen sein, und es würde somit nahe gelegt sein, dieses Maximum von *B Cassiopeiae* mit der biblischen Tradition des Sternes der Weisen aus dem Morgenlande in Zusammenhang zu bringen.

Erklärung der Buchstaben in Figur I und I^a.

a ist der Spalt des Spectroscops,

b das Ende des cylindrischen Zuges, mit welchem das Spectroscop in das grosse Fernrohr eingefügt wird,

c die cylindrische Wand des Spectroscop-Zuges mit Erweiterung zum Vorschlag, wenn das Stück mit *b* in den grossen Tubus eingeschoben wird,

d eine Schraube zur Regulirung des Spaltes,

e ein spiegelndes Prisma, dem Spalte zu seiner halben Höhe das Licht glühender irdischer Elemente zuführend,

f der Spiegel, welcher das irdische Licht auffängt und es dem Prisma *e* zusendet,

g die Collimator-Linse, welche die durch den Spalt geworfenen Strahlen parallel macht, damit durch die folgenden Flintglasprismen eine scharfe Trennung der Farben ausgeführt werde,

h die beiden zerstreuenden Flintglasprismen, an zwei in Schlitzen verstellbaren Platten befestigt,

l das Fernrohr, durch welches das von den Prismen entworfene Spectrum beobachtet wird,

m ein Charnier, um welches das Fernrohr zum Zweck des Einstellens auf die verschiedenen Linien drehbar ist,

n eine Schraube zur Verstellung des Fernrohrs in der zu dieser Drehung senkrechten Richtung,

o ist der Ort des Fadenkreuzes des Spectral-Fernrohrs,

p dessen Ocular.

In dem Ansatze *q* hat eine Schraube ihre Stütze und Schrauben-Mutter; die Bewegung dieser Schraube stellt auf andere Linien ein.

r ist ein isolirender Arm aus Hart-Gummi, zum Halten der im electrischen Strom zu verflüchtigenden Metalle,

s ein Knopf, mit einer Vorrichtung zum bequemen Schliessen des Stroms vom Beobachtungssitze aus in Verbindung stehend,

y eine federnde Spirale zur Vermeidung des todten Ganges der Einstellungsschraube; die Bewegung dieser letzteren wird an einer in Figur 1, nahe bei *n*, sichtbaren Scala gemessen.

Bemerkung zum Vorhergehenden: Das Arrangement im Allgemeinen ist Seite 10 u. ff. beschrieben. Es gilt übrigens von den Spectral-Apparaten, was von so vielen andern Einrichtungen sich sagen lässt: sie werden in allen einzelnen Theilen meist erst recht verstanden, wenn man ein Exemplar davon genauer besieht, oder gar selbst in Gebrauch nimmt.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

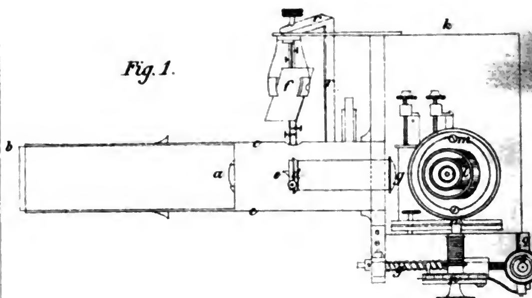


Fig. 1.

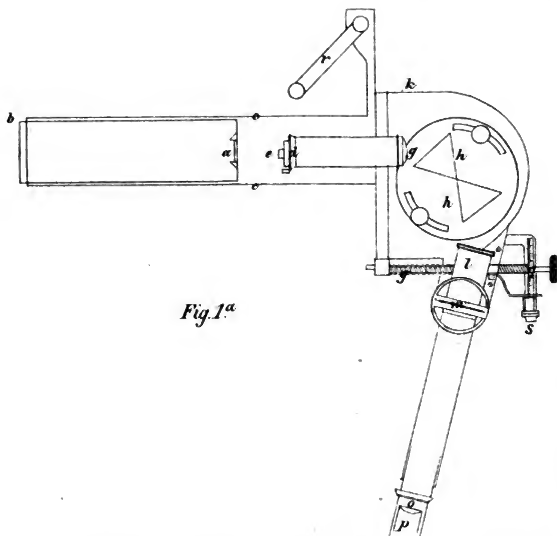


Fig. 1a



Fig. 3 Spectrum des Sirius.



Fig. 4 Spectrum des Sternes A von α Herculis.

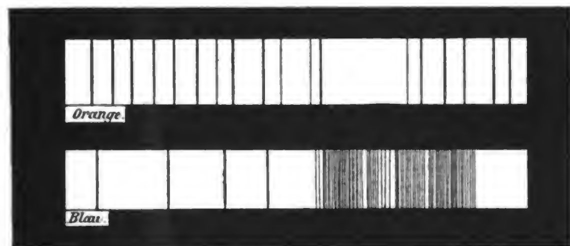


Fig. 5 Spectrum der Componenten von β Cygni.



Fig. 6 Spectrum des Veränderlichen μ Cephei.



Fig. 7 Spectrum des Veränderlichen T Coronae.



Fig. 8. Spectrum des Nebelflecks 37. H. IV. im Drachen.

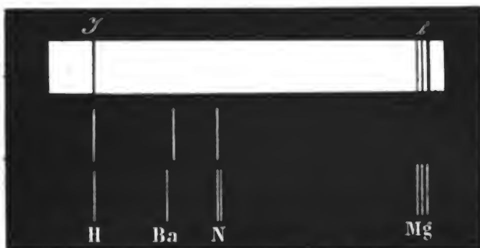


Fig. 9. Vergleichung des Spectrums des Nebels 37. H. IV. mit dem Sonnenspectrum und den Spectren von Stickstoff, Wasserstoff und Barium.

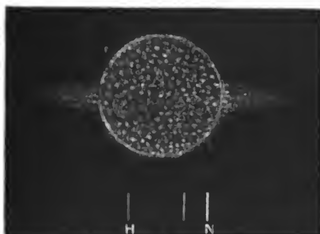


Fig. 10. Nebelfleck 1. H. IV.



Fig. 11. Nebelfleck 73 H. IV. analog 45. H. IV.



Fig. 13. Ringförmiger Nebel in der Leyer.



Fig. 14. Nebel, genannt Dumb-Bell-Nebel.

F. A. Brockhaus Geogr. artist. Anstalt, Leipzig.



Fig. 12. Nebelfleck 18. H. IV.



Fig. 15. Orion-Nebel.

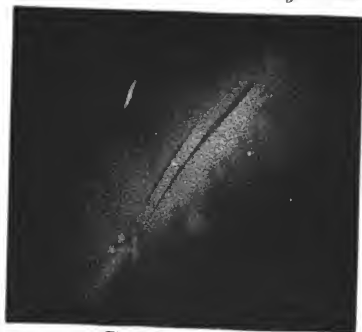


Fig. 16. Andromeda-Nebel.



Gestalt *Fig. 17. des Cometen. I 1868.* *Spectrum*

F. A. Brockhaus' Geogr.-artist. Anstalt, Leipzig.

DRUCK VON F. A. BROCKHAUS IN LEIPZIG.

